

平成 19 年度

電波資源拡大のための研究開発に係る提案公募

提案要領

平成 19 年 3 月

総務省



## 目次

1. 概要	1
2. 応募資格	1
3. 研究開発課題等	2
4. 応募に必要な書類	3
5. 委託先候補の選定及び採択	3
6. 契約	4
7. 研究者の雇用等	5
8. 研究成果	5
9. 購入設備の扱い	6
10. 次年度以降の扱い	6
11. 応募の手続き	7
12. 研究開発の適正な執行について	8
13. 提案書の扱い	8
14. その他	9
15. 問い合わせ及び提出先	9

### 別紙 対象経費(直接経費)の範囲

- 別紙① <基本計画書>複数基地局連携送信によるユーザスループット高速化技術の研究開発
- 別紙② <基本計画書>第4世代移動通信システムにおけるモバイル QoS 制御技術の研究開発
- 別紙③ <基本計画書>安全運転を支援する車車間通信の実現に向けた周波数高度利用技術の研究開発
- 別紙④ <基本計画書>固体素子を用いた船舶用 9GHz 帯レーダーの研究開発
- 別紙⑤ <基本計画書>ミリ波帯ブロードバンド通信用超高速ベースバンド・高周波混載集積回路技術の研究開発
- 別紙⑥ <基本計画書>マイクロ波帯、ミリ波帯の利用拡大のための機器雑音抑制技術の研究開発
- 別紙⑦ <基本計画書>広域電波強度分布測定技術の研究開発
- 別紙⑧ <基本計画書>衛星通信における適応偏波多重(APDM)伝送技術の研究開発
- 別紙⑨ <基本計画書>周波数の有効利用を可能とする適応型衛星通信技術の研究開発

総務省では、電波資源拡大のための研究開発(電波のより能率的な利用に資する技術としておおむね5年以内の開発すべき技術に関する研究開発)の各課題について、委託による研究開発(以下「委託研究」という。)を実施します。

本委託研究では、民間企業等の研究機関における知見や技術、ノウハウを活用して、電波資源拡大のための研究開発を推進し、周波数帯域の逼迫状況を緩和し、新たな周波数需要に的確に対応することを目指します。

## 1. 概要

本委託研究は、総務省が電波の有効利用に資する研究開発課題を指定した上で研究開発提案を公募・採択し、民間企業等の研究機関に委託することにより実施するものです。

- (1) 総務省が指定する研究開発課題に対して受託を希望する研究機関は、所定の提案書を総務省に提出することにより、応募することができます。
- (2) 提案書について、後述の「5. (2)選定基準」に基づき外部評価を行い、総務省が委託先候補となる研究機関を選定します。
- (3) 選定された研究機関は、総務省との間で委託契約を締結し、研究開発を実施します。

## 2. 応募資格

以下の a.から g.の要件を満たす、単独ないし複数の企業、大学、公益法人等の研究機関。

- a.当該研究開発課題に係る技術又は関連技術についての研究開発の実績を有し、かつ、研究開発目標の達成及び研究計画の遂行に必要な組織、人員等を有していること。
- b.事業の実施の効率性や機動性向上の観点から、原則、日本国内に研究拠点を有する研究機関であること。海外研究拠点での研究は、研究項目の中で国内研究拠点において実施し得ないテーマ、海外の特殊な設備等を使用せざるを得ないテーマ等に限定されていること。
- c.当該委託研究を円滑に執行するために必要な経営基盤を有し、かつ資金等について十分な管理能力を有していること。
- d.総務省が委託を行う上で必要とする処置を適切に遂行できる体制を有すること。
- e.周波数逼迫状況を緩和し、電波のより能率的な利用に資するため、研究成果の公開、及び標準化活動等に積極的な貢献が可能であること。

f.得られた研究成果の実用化を図る計画の策定及びその実現について十分な能力を有していること。

g.当該委託研究の全部又は一部を複数の企業等が共同して実施する場合（以下、このような形態で実施される研究開発を「共同研究」という。）、各研究機関の役割と責任が明確に示されていること。また、各研究機関の取りまとめを行う代表的な研究機関（以下「代表研究機関」という。）が定められていること。

### 3. 研究開発課題等

平成19年度は、以下の研究開発課題に対する提案を公募いたします。実施予定額の初年度上限については以下を想定していますが、外部評価の結果等を踏まえ確定します。また、以下の実施期間は目途として示しているものです。

個別研究開発課題	実施予定額 (初年度上限)	実施期間 (目途)
① 複数基地局連携送信によるユーザスループット高速化技術の研究開発	1.9 億円程度	3ヶ年
② 第4世代移動通信システムにおけるモバイルQoS制御技術の研究開発	1.9 億円程度	3ヶ年
③ 安全運転を支援する車車間通信の実現に向けた周波数高度利用技術の研究開発	3.7 億円程度	3ヶ年
④ 固体素子を用いた船舶用9GHz帯レーダーの研究開発	0.6 億円程度	3ヶ年
⑤ ミリ波帯ブロードバンド通信用超高速ベースバンド・高周波混載集積回路技術の研究開発	5.0 億円程度	5ヶ年
⑥ マイクロ波帯、ミリ波帯の利用拡大のための機器雑音抑制技術の研究開発	1.3 億円程度	4ヶ年
⑦ 広域電波強度分布測定技術の研究開発	0.4 億円程度	4ヶ年
⑧ 衛星通信における適応偏波多重(APDM)伝送技術の研究開発	2.2 億円程度	3ヶ年

⑨ 周波数の有効利用を可能とする適応型衛星通信技術の研究開発	4.0 億円程度	4ヶ年
--------------------------------	----------	-----

各研究開発課題の具体的な内容、技術目標、実施期間(目途)等については、別紙①～⑨の基本計画書を参照して下さい。

総務省が負担する経費の範囲は、当該研究開発の遂行及び研究成果の取りまとめに直接的に必要な経費(直接経費)とそれ以外の諸経費(一般管理費)及びこれらに係る消費税(消費税+地方消費税)額とします。直接経費の範囲については、別紙の「対象経費(直接経費)の範囲」とし、一般管理費は直接経費の10%以下とします。

なお、採択された提案に係る予算計画書等は、必要に応じて契約時まで研究機関(共同研究の場合は、代表研究機関)と総務省との間で調整の上、内容の修正等を行っていただくことがあります。

## 4. 応募に必要な書類

提案書などの応募に必要な書類等については、「提案書作成要領」に記載しております。提案書作成要領に示す様式以外での応募は認められませんのでご注意ください。

提案書受付時には「受付通知」を送付します。提案書送付後1週間を経過しても「受付通知」が届かない場合には、担当係(「15. 問い合わせ及び提出先」参照)まで電話にてご連絡願います。郵送の過程における事情等により提案書が未着となった場合の責任は一切負いかねますのでご了承下さい。

なお、提案書の返却は致しませんので、必ず写し等を手許に保管しておいて下さい。(ヒアリング等で必要となる場合があります。)

## 5. 委託先候補の選定及び採択

### (1) 選定方法

委託先候補の選定については、外部評価を行い、その結果を受けて総務省が行います。

### (2) 選定基準

選定に当たっては、次に挙げる項目を中心として、総合的に評価を行います。

①研究開発手法の有効性・効率性(研究開発手法が目的を達成するために

妥当かどうか。技術的に優れているかどうか。)

- ②実施計画の妥当性(研究開発の実施計画が効率的に組まれているかどうか。)
- ③実施体制の妥当性(研究開発の実施体制が適切かどうか。)
- ④補助的な観点(実用化への波及、研究開発実績、標準化への取り組み等)
- ⑤総合評価(総合的に見てどうか。)

### (3) 追加資料の提出等

委託先候補の選定は、提出された提案書に基づいて行いますが、必要に応じて追加資料の提出等をお願いすることがあります。

### (4) ヒアリングの実施

委託先候補の選定に当たり、原則として、提出された提案書及び追加資料の内容について、ヒアリングを実施します。(ヒアリングは日本語で行います。)  
ヒアリングの詳細については、提案書を受け付けた後、別途連絡します。

### (5) 採択及び通知

総務省は、外部評価をもとに委託先候補となる研究機関を選定した後、当該研究機関(共同研究の場合は、代表研究機関)に提案内容の遂行に支障がないかどうかを確認した上で、最終的な採択を行います。採否の結果は、総務省から当該研究機関(共同研究の場合は、代表研究機関)あてに通知します。

なお、原則として個別研究課題毎に1件の提案を採択します。

### (6) その他

採択された提案を実施するに当たり、研究機関と総務省との間で委託契約を締結することとなりますが、当初提案の研究費は、契約の金額を保証するものではありません。必要に応じて修正計画を提出していただく場合があります。この場合において、研究機関との間で必要な契約条件が合致しない場合には、契約の締結ができないことがあります。

## 6. 契約

### (1) 契約期間

委託研究の契約は単年度契約となります。次年度以降については継続評価の結果に基づき、別途契約する(あるいはしない)こととなります。

## (2) 契約の形態

共同研究を行う場合は、総務省はすべての研究機関と直接契約を結びます。  
再委託は原則不可とします。

## (3) 契約書について

原則として、契約は総務省の委託契約書によるものとします。

国立大学法人等において受託研究契約書を使用する場合には、その内容について協議するとともに、必要に応じて、加筆・修正・削除し、あるいは別途取り決めを交わしていただくことがありますので、ご了承下さい。

## 7. 研究者の雇用等

研究者を新たに必要とする場合には、研究費の範囲内において研究機関で雇用することができます。

雇用に関する責任はすべて研究機関にあり、本委託において実施する研究開発そのものとは関わりがありませんので、ご留意願います。

## 8. 研究成果

### (1) 研究成果報告書

毎契約年度終了日(通常、毎年3月31日となります。)以前の契約書に定められた期日までに研究成果報告書を提出していただきます。契約は単年度契約となりますので、年度ごとに提出いただくことになります。

### (2) 研究成果の帰属

研究開発実施中に産業財産権等が発生した場合、「産業活力再生特別措置法」に基づき、一定の条件(以下参照)の下、100%受託者側に帰属させることが可能です。

条件(遵守項目)

- ・委託研究に係る成果(研究開発実施により新たに発見ないし生み出されたものすべてをいい、発明等に関するもの、産業財産権等に関するもの、ノウハウに関するもの、等すべてを含む。)が得られた場合には、遅滞なく、総務省にその旨を報告するものとする。
- ・総務省が公共の利益のために特に必要があるとしてその理由を明らかにし

て求める場合には、無償で当該産業財産権等を利用する権利を国に許諾するものとする。

- ・当該産業財産権等を相当期間活用していないと認められ、かつ、当該産業財産権等を相当期間活用していないことについて正当な理由が認められない場合において、総務省が当該産業財産権等の活用を促進するため特に必要があるとしてその理由を明らかにして求めるときは、当該産業財産権等を利用する権利を第三者に許諾するものとする。
- ・上記のほか、必要と認められる事項がある場合には、契約書等において別途定める。

## 9. 購入設備の扱い

研究開発に必要な設備の調達は原則としてリースとしていただきますが、やむを得ず購入する場合は、以下のとおりとします。

### (1) 管理・維持

原則として、契約先である研究機関が購入設備の維持管理を行うとともに、善管注意義務を負うものとします。

### (2) 研究開発終了後の扱い

研究開発終了後、購入設備の所有権は国に移ることとなります。当該設備の取扱いについては、別途協議することとします。

## 10. 次年度以降の扱い

契約は年度単位で締結しますので、次年度以降は研究開発を継続して実施するための提案及び契約が必要となります。なお、予算等の削減により当初予定の実施期間より短くなることもあります。

毎年度の契約更新に当たり、研究開発の実施状況が適切であるかを確認するとともに、引き続き同一の研究開発機関に委託することが妥当かどうか判断するために継続評価を行います。継続評価の詳細は下記(1)～(3)のとおりです。

また、全ての研究開発を終了した後に、終了評価を実施します。終了評価では将来の研究開発の効率化や適切な予算配分への反映をはじめとする研究開発の方針策定の参考に資するため、研究開発が効率的に行われたかどうか等について評価を行います。

さらに、必要と認めた案件について、研究開発終了後一定期間を経過してから、

追跡評価を行います。追跡評価では、研究開発成果の波及効果や活用状況等を把握し、研究開発が実際に電波の再配分等周波数の逼迫対策に有効であったかどうか評価、確認します。

終了評価、追跡評価の詳細については採択後に適宜お知らせします。

#### (1) 継続評価

継続提案書により、研究の進捗状況、研究資金の使用状況及び研究開発実施計画等について有効性、効率性の観点を含め総合的に評価し、その評価結果において適切と判断された場合に、総務省は次年度の契約をします。次年度の契約金額は、必ずしも提案金額とは一致しません。

なお、必要に応じて、ヒアリングを実施します。

#### (2) 継続提案書

継続提案書の内容は、実施年度の研究進捗状況の報告及び研究資金の使用状況並びに次年度以降の研究計画等が分かる内容の書類から構成されます。

#### (3) 継続提案書提出時期

継続提案書の提出時期は契約を締結した年度の2月頃を予定しています。

## 11. 応募の手続き

#### (1) 応募の方法

応募される研究機関は、平成 19 年 3 月 30 日(金)17 時(必着)までに、総務省担当係あて(「15. 問い合わせ及び提出先」参照)に、提案書1部及びその写し1部(写しは製本していないもの)、その他提案に必要な書類等1式を郵送(宅配便、バイク便等も可能)して下さい。

持ち込みは原則として不可としますが、やむを得ない場合には、事前連絡の上、当日の正午(時間厳守)までに持ち込んで下さい。

※ 共同研究を行う場合、提案書等は代表研究機関が取りまとめの上、総務省に提出して下さい。

#### (2) 今後のスケジュール

今後のスケジュールは以下のとおり想定していますが、外部評価の状況等により前後することがあります。

4月上旬～4月下旬	外部評価を行い、委託先候補となる研究機関を選定
4月下旬 採択通知後	採択・不採択通知の送付 研究機関との調整が終わり次第、速やかに研究委託契約を締結し、研究開発を実施

## 12. 研究開発の適正な執行について

総務省では、公的研究資金による研究開発の効果的・効率的な推進、及び研究開発の適正な執行に向け、以下の取組を進めています。課題への応募、及び研究開発の実施に当たっては、これらの事項を遵守して頂きますので、ご留意下さい。

### (1)研究費の不正な使用等に対する対応

研究者等による公的研究資金の不正使用等は、科学技術及びこれに関わる者に対する国民の信頼を裏切るものであり、決して許されるものではありません。

総務省では、総合科学技術会議がまとめた「[公的研究費の不正使用等の防止に関する取組について\(共通的な指針\)\(平成 18 年 8 月 31 日\)](#)」を踏まえ、研究費の不正使用等に対して適切に対処するため、今後、対応指針等を作成する予定です。また、これらの指針に則り、必要な確認書類等の提出などを求めることがあります。

### (2)研究上の不正行為に対する対応

研究上の不正行為(研究成果の「捏造」、「改ざん」及び「盗用」)は、研究活動とその成果発表の本質に反するものであるという意味において科学技術そのものに対する背信行為であり、また、人々の科学技術への信頼を揺るがし、科学技術の発展を妨げるものであることから決して許されるものではなく、研究機関や総務省はその究明に際して厳しい姿勢で臨まなければなりません。

総務省では、総合科学技術会議による指摘([研究上の不正に関する適切な対応について\(平成 18 年 2 月 28 日\)](#))を踏まえ、「[情報通信分野における研究上の不正行為への対応指針\(平成 18 年 10 月\)](#)」を策定し、研究機関に対して必要な措置(不正に関する調査、処分等)を講じるよう求めるとともに、研究上の不正行為に対して厳格な制裁措置(資金配分の打ち切り、応募申請の制限等)を講じていることとしています。

## 13. 提案書の扱い

提出された提案書は本研究開発の委託先選定のためにのみ用い、総務省にお

いて厳重に管理いたします。また、本提案書に含まれる個人情報については、研究開発実施体制の審査以外を目的として利用することはありません。(ただし、法令等により提供を求められた場合を除きます。)

## 14. その他

本要領に定めるところによるほか、新たに要領として取り決めるべき事項が生じた場合には、総務省はこれを定め、必要に応じて総務省ホームページ (<http://www.soumu.go.jp/>) で公開します。

また、委託先に対して、基本計画書に示すほか、関係省庁との連携等、政府としての基本方針や取り組みにご協力をお願いすることがあります。

## 15. 問い合わせ及び提出先

研究開発課題、基本計画書等の内容に関する問い合わせは、研究開発課題ごとに各担当係までお願いします。その他、提案書の作成又は提出方法等に関する問い合わせについては、総合通信基盤局電波部電波政策課開発係までお願いします。E-mail による問い合わせの場合は、下記アドレスにて一括して受け付けております。

【研究開発課題、基本計画書等に関する問い合わせ及び提出先】

個別研究開発課題	担当係
① 複数基地局連携送信によるユーザスループット高速化技術の研究開発	総合通信基盤局電波部移動通信課システム開発係 TEL: 03-5253-5896 FAX: 03-5253-5946
② 第4世代移動通信システムにおけるモバイルQoS制御技術の研究開発	総合通信基盤局電波部移動通信課システム開発係 TEL: 03-5253-5896 FAX: 03-5253-5946
③ 安全運転を支援する車車間通信の実現に向けた周波数高度利用技術の研究開発	総合通信基盤局電波部移動通信課推進係 TEL: 03-5253-5896 FAX: 03-5253-5946
④ 固体素子を用いた船舶用9GHz帯レーダーの研究開発	総合通信基盤局電波部衛星移動通信課海上係 TEL: 03-5253-5901 FAX: 03-5253-5903
⑤ ミリ波帯ブロードバンド通信用超高速ベースバンド・高周波混載集積回路技術の研究開発	総合通信基盤局電波部電波政策課開発係 TEL: 03-5253-5876 FAX: 03-5253-5940
⑥ マイクロ波帯、ミリ波帯の利用拡大のための機器雑音抑制技術の研究開発	総合通信基盤局電波部電波環境課技術管理係 TEL: 03-5253-5908 FAX: 03-5253-5914
⑦ 広域電波強度分布測定技術の研究開発	総合通信基盤局電波部電波環境課技術管理係 TEL: 03-5253-5908 FAX: 03-5253-5914
⑧ 衛星通信における適応偏波多重(APDM)伝送技術の研究開発	総合通信基盤局電波部衛星移動通信課振興係 TEL: 03-5253-5902 FAX: 03-5253-5903
⑨ 周波数の有効利用を可能とする適応型衛星通信技術の研究開発	情報通信政策局宇宙通信政策課システム係 TEL: 03-5253-5771 FAX: 03-5253-5772

**【提案書の作成又は提出方法等に関する問い合わせ先】**

総合通信基盤局電波部電波政策課開発係

TEL: 03-5253-5876

FAX: 03-5253-5940

**【E-mailによる問い合わせ先】**

送信先 : wireless-rd\_atmark\_ml.soumu.go.jp

(スパムメール防止のため、「\_atmark\_」を@に直して入力して下さい)

## 対象経費(直接経費)の範囲

大項目	中項目	説明
I. 設備備品費	1.研究開発用機械装置リース費	委託業務の遂行に必要な機械装置、その他備品を必要とした場合におけるそのリースに要する経費。
	2.研究開発用機械装置購入費	委託業務の遂行に必要な機械装置、その他備品の製作又は購入を必要とした場合におけるその製造原価又は購入に要する経費。
	3.保守費	機械装置等の保守(機能の維持管理等)を必要とした場合における労務費、旅費交通費、滞在費、消耗品費及びその他の必要な経費(ただし、Iの2及びⅢの1～3に含まれるものを除く)、外注を必要とした場合はそれに要する経費。
	4.改造修理費	機械装置等の改造、修繕を必要とした場合における労務費、旅費交通費、滞在費、消耗品費及びその他必要な経費(ただし、Ⅲの1から3に含まれるものを除く)、外注を必要とした場合は、それに要する経費。
II. 労務費(注)	1.研究員費	委託業務に直接従事した研究者、設計者及び工員等の労務費(原則として①本給、②賞与、③諸手当(福利厚生に係るものを除く)とする。ただし、Iに含まれるものを除く)。
	2.補助員雇上費	委託業務に直接従事したアルバイト、パート等の経費(ただし、Iに含まれるものを除く)
Ⅲ. 消耗品、その他の経費	1.消耗品費	委託業務の実施に直接要した資材、部品、消耗品等の製作又は購入に要した経費。
	2.光熱水料	委託業務の実施に直接使用するプラント及び機械装置等の運転等に要した電気、ガス及び水道等の経費。通信回線の月々の使用料等は、この項に含めて下さい。
	3.旅費・交通費	研究員が委託業務を遂行するために特に必要とした旅費、滞在費及び交通費であって、研究員の所属機関の旅費規程等により算定された経費。
	4.計算機使用料	委託業務遂行に必要な電子計算機の使用、データ入力等に要した経費。
	5.委員会費	委託業務の遂行に必要な知識、情報、意見等の交換、検討のための委員会開催、運営に要した委員等謝金、委員等旅費、会議費、会議室借上費、消耗品費、資料作成費、その他の経費。
	6.調査費	委員会の委員が委託業務の遂行に必要な知識、情報、意見等の収集のための国内、海外調査に要した経費で運賃、日当、宿泊費、滞在費、その他の経費。
	7.報告書作成費	成果報告書の印刷・製本に要した経費。
	8.リース・レンタル料	I以外のリース・レンタルに要した経費。
	9.その他特別費	以上の各経費のほか、特に必要と認められる経費。

(注)原則として、国公立大学法人、公立大学等に所属する研究者に関する労務費は積算に含むことができません。



## ＜基本計画書＞

## 複数基地局連携送信によるユーザスループット高速化技術の研究開発

## 1. 目的

移動通信システムにとって使い勝手のよい6GHz以下の帯域(VHF、UHF、低マイクロ波帯)については、携帯電話をはじめとして極めて稠密に利用されており(全無線局の99%以上)、深刻な電波の逼迫状況が生じている。こうした状況の中、逼迫している電波をより有効かつ効率的に活用しつつ特にニーズの高い移動通信に必要な周波数帯域を確保する<sup>(※)</sup>ためには、移動通信システムにおける周波数の高度利用を実現する技術の研究開発が必要不可欠である。

(※)総務省は平成15年10月10日、情報通信審議会の答申である「電波政策ビジョン」(平成15年7月30日)を受け、「周波数の再編方針」の公表を行なった。本方針では、平成25年までに移動通信システムに最大で約1.38GHz幅、無線LAN等に最大で約740MHz幅の周波数帯域を確保することが必要とされている。

そこで、次世代の移動通信システムとして2010年頃の実現が期待されている第4世代移動通信システムについて、全てのユーザが場所や状況に関係なく、一定レベル以上のデータ伝送速度を確保しつつ、ブロードバンドサービスを享受できるよう、周波数や空間等のリソースを最大限に有効利用する技術の研究開発を行い、電波の有効利用に資する。

## 2. 政策的位置付け

「IT新改革戦略」(平成18年1月:IT戦略本部決定)において、以下のとおり明記されているところである。

## 【抜粋】

- ・p.31 現在の100倍のデータ伝送速度を持つ移動通信システムを実現するため、我が国が強みを有するモバイル関連の技術及びマーケットを活かして、産学官で連携して世界を先導する技術、アプリケーションの研究開発、実証試験を推進するとともに、国際標準化を通じて国際的に調和を取りつつシステムの実用化を図る。

また、「重点計画—2006」(平成18年7月:IT戦略本部決定)においても、以下のとおり明記されているところである。

## 【抜粋】

- ・p.59 (ア) 第4世代移動通信システムの実現に向けた取組の推進(総務省)  
現在の100倍のデータ伝送速度を持つ第4世代移動通信システムについて、要素技術の研究開発・実証実験、他の無線システムとの周波数共用に関する技術試験を実施するとともに、使用する周波数帯の決定、具体的な無線通信方式の検討など国際電気通信連合(ITU)の国際標準化活動に積極的に寄与し、2010年度までに実現を図る。

さらに、「分野別推進戦略」(平成18年3月:総合科学技術会議決定)では、重要

な研究開発課題として、以下のとおり明記されているところである。

【抜粋】

・p.82 【課題4】ワイヤレスネットワークによるユビキタスマビリティ

○超高速ワイヤレスネットワーク

・高速移動時で100Mbps、低速移動時またはノマディック時で1Gbps  
の無線アクセス

加えて、以下のとおり衆参の総務委員会において、電波の逼迫状況を解消するため、未利用周波数帯の研究開発に取り組む旨の国会附帯決議がなされている。

・衆議院・総務委員会(平成16年4月13日)

「電波の逼迫状況を解消するため、電波の再配分のみでなく、未利用周波数帯の開拓等の技術開発を含め、電波の有効利用に引き続き取り組むこと。」

・参議院・総務委員会(平成16年5月11日)

「電波の逼迫状況を解消するため、未利用周波数帯の利用技術や共同利用システム等の研究開発を含め、電波の有効利用に一層取り組むこと。」

こうした各種の政府方針等に鑑み、本研究開発を推進することが必要である。

### 3. 目標

移動通信システムのセル境界エリアにおいては、隣接基地局による同一周波数干渉が生じ、一般的にスループットが低下する。こうした課題を解決するための方策として、複数基地局からの信号を効果的に受信することにより、端末(移動局)の受信特性を改善させる方法が考えられる。そこで、隣接する基地局を所望の信号源として積極利用することによって、端末の受信特性を改善し、限られた周波数資源及び現行システムと同等のセル配置で隣接する2つのセル境界エリアのユーザスループットを高速化させる(現行技術と比較して2倍以上にする)ための技術の研究開発を行う。また、本技術分野における国際競争力の確保・強化も目指し、戦略的な国際標準化活動も行う。

### 4. 研究開発内容

#### (1) 概要

移動通信システムでは、基地局近傍からセル境界エリアに端末が移動するに従って、端末の受信レベルが低下するとともに、同一周波数で送信されている隣接基地局からの信号のためにセル境界エリアで干渉が生じ、さらにユーザスループットが低下する。このようなセル境界エリアにおける干渉回避技術として干渉基地局送信パワー制御やパケットスケジューリングなどの方式があるが、一定の送信信号レベルであるために、ユーザスループットは単一セル環境以上に改善しない。また、CDMAにおけるソフトハンドオーバー技術でも、端末がより高感度な信号を選択するため、ユーザスループットは単一セル環境以上に改善しない。こうした問題に対応するために、干渉源となる隣接基地局を所望の信号源として利用する方法が考えられる。そこで、複数基地局が高度に連携している状態(複数基地局が同期し、ユーザの状況に応じて、

ユーザの所望の信号を複数基地局が分担して送信可能な状態)で、各隣接基地局から所望信号をビーム制御し、同時送信することにより、端末の受信特性を改善し、限られた周波数資源及び現行システムと同等のセル配置でセル境界エリアのユーザスループットを高速化させる技術の研究開発を行う。なお、基地局間での情報伝送については、最適な方式を検討すると共にパラメータの最適化により遅延やトラフィック集中などによる品質劣化の改善を図ることとする。

(2) 技術課題および到達目標

(技術課題)

(a) 複数基地局連携送信に対する受信状態の電波伝搬特性モデル化

隣接する複数基地局からの送信波を所望の信号源として利用する方式検討で必要とされる電波伝搬モデルは、単一セルに対する従来の伝搬モデルでは表現できないため、隣接する複数基地局を対象とした伝搬特性を測定し、基地局間の瞬時レベル変動や遅延特性を含んだ伝搬特性についてモデル化するという技術課題がある。

(b) セル境界エリアと基地局近傍の送信方式切り替え制御アルゴリズム

セル境界エリアと基地局近傍の間を端末が移動する場合に、効果的かつシームレスに基地局の送信方式を切り替える制御アルゴリズムの研究開発が必要であり、そのためには、切り替えるための基準(パラメータ)や制御方法について明確化するという技術課題がある。

(c) 複数基地局連携送信における受信方式

ビームフォーミング技術及び基地局間連携技術を用いた複数基地局連携送信による端末受信における高速移動環境下での受信評価が必要であり、そのためには、方式評価を行う装置の開発及び屋内・屋外での実験並びにシステムの総合的な評価といった技術課題がある。

(到達目標)

第4世代移動通信システムのようなブロードバンドシステム(マイクロ波帯のような高い周波数を用いることを想定)ではピコセルシステムのような小さいセル半径を利用することが想定され、セル境界密度が増加し、セル境界エリアにおいて、隣接基地局からの干渉によりユーザスループットの低下が懸念される。こうした課題に対して、全てのユーザが場所や状況に関係なく、一定レベル以上のデータ伝送速度を確保しつつ、ブロードバンドサービスを楽しむことができるようになるための技術確立する。そのために、複数基地局が高度に連携している状態で、隣接する基地局を所望の信号源として積極的に利用することにより端末の受信特性を改善し、限られた周波数資源及び現行システムと同等のセル配置でセル境界エリアのユーザスループットを高速化させる(現行技術と比較して2倍以上にする)ための技術の実現を目指す。また、本技術分野における国際競争力の確保・強化も目指し、戦略的な国際標準化活動も行う。

なお、上記の目標を達成するに当たっての年度毎の目標については、以下の例を想定している。

(例)

(平成 19 年度)

- (a) 複数基地局連携送信による端末受信の電波伝搬特性評価装置の試作  
複数基地局連携送信信号の受信端末構成における電波伝搬特性評価のために、送信装置に任意信号発生器、受信装置にデータストレージを用い、符号化、変調、復調、複合化部分のリンクレベルシミュレーションソフトウェアの試作を行う。
- (b) 複数基地局連携送信による端末受信の電波伝搬特性モデル化  
前項(a)を用いて屋内・屋外環境で測定し、システムシミュレーション評価可能な、汎用性の高い電波伝搬モデルを検討する。
- (c) システムシミュレーション用評価ソフトウェアの設計・製作  
伝搬特性モデル、複数基地局連携送信方式、端末受信方式を考慮したシステムシミュレーション用評価ソフトウェアの設計・製作を行う。
- (d) セル境界エリアと基地局近傍の送信方式切り替え制御アルゴリズム  
セル境界エリアと基地局近傍の間を端末が移動する場合に、効果的かつシームレスに基地局の送信方式を切り替えるための基準(パラメータ)、基地局間の情報伝達方法を考慮した制御方法および基地局構成について検討する。

(平成 20 年度)

- (a) 方式評価装置試作  
前年度に試作した電波伝搬特性評価装置を基本として、複数の送信装置を用い、基地局間連携処理、チャネル推定、同期処理などのリンクレベルシミュレーションソフトウェアの追加試作をする。
- (b) 方式評価装置を用いた端末受信特性評価  
項目(a)の方式評価装置を用いた屋内・屋外実験により、複数基地局連携方式のセル境界エリアにおける基本受信特性の評価を行う。
- (c) セル境界エリアと基地局近傍の送信方式切り替え制御アルゴリズム  
前年度に検討を行った切り替え基準(パラメータ)及び制御方法を基に、基地局間制御ネットワークの負荷を考慮し伝搬特性モデルを組み合わせたシステムシミュレーションにより切り替え制御アルゴリズムを確立する。

(平成 21 年度)

- (a) 方式評価装置を用いた複合評価  
前年度に用いた方式評価装置に、ビームフォーミングに相当するデータを実装し、基地局近傍の基本受信特性評価を行う。また、切り替え制御アルゴリズムを実装することで準リアルタイム表示による受信特性改善評価を行う。
- (b) 方式評価装置とフェージングシミュレータを用いた高速移動評価  
前年度に用いた方式評価装置によるフェージングシミュレータを使用した高速移動環境下における受信評価を行う。
- (c) システム総合評価  
要素技術を組み合わせた統合シミュレーションにより、複数基地局連携送信技術を用いない通常の基地局構成に比べて、隣接する 2 つのセルが重なる境界エリアでのユーザスループット(周波数利用効率)が 2 倍以上となることを検証する。

## 5. 実施期間

平成 19 年度から 21 年度までの3年間

## 6. その他

研究開発の実施に当たっては、関連する要素技術間の調整、成果の取りまとめ方等研究開発全体の方針について幅広い観点から助言を頂くとともに、実際の研究開発の進め方について適宜指導を頂くため、学識経験者、有識者等を含んだ研究開発運営委員会等を開催する等、外部の学識経験者、有識者等を参画させること。

また、本研究開発において実用的な成果を導出するための共同研究体制又は研究協力体制について研究計画書の中にできるだけ具体的に記載すること。

その他、研究開発の実施者は、本研究開発で確立した技術の普及啓発活動を実施すると共に実用に向けて必要と思われる研究開発課題への取組も実施すること。



## ＜基本計画書＞

## 第4世代移動通信システムにおけるモバイル QoS 制御技術の研究開発

## 1. 目的

移動通信システムにとって使い勝手のよい6GHz以下の帯域(VHF、UHF、低マイクロ波帯)については、携帯電話をはじめとして極めて稠密に利用されており(全無線局の99%以上)、深刻な電波の逼迫状況が生じている。こうした状況の中、逼迫している電波をより有効かつ効率的に活用しつつ特にニーズの高い移動通信に必要な周波数帯域を確保する<sup>(※)</sup>ためには、移動通信システムにおける周波数の高度利用を実現する技術の研究開発が必要不可欠である。

(※)総務省は平成15年10月10日、情報通信審議会の答申である「電波政策ビジョン」(平成15年7月30日)を受け、「周波数の再編方針」の公表を行なった。本方針では、平成25年までに移動通信システムに最大で約1.38GHz幅、無線LAN等に最大で約740MHz幅の周波数帯域を確保することが必要とされている。

一方、現在実用化あるいは検討されている移動通信システムにおいては、基地局に近いユーザに対しては高速の伝送を実現できるが、基地局から遠いユーザに対しては、十分な伝送品質を得られず、各ユーザに対する伝送レートの公平性を確保できないといった問題が生じている。

そこで、次世代の移動通信システムとして2010年頃の実現が期待されている第4世代移動通信システムについて、時間、周波数、空間の3つのリソースを最大限に有効活用し、通信エリア内に存在するユーザに対し、基地局と移動局との間の距離にかかわらず平均的に一定量のQoS(Quality of Service)を有する通信を公平に供給することができる技術の研究開発を行い、電波の有効利用に資する。

## 2. 政策的位置付け

「IT新改革戦略」(平成18年1月:IT戦略本部決定)において、以下のとおり明記されているところである。

## 【抜粋】

- ・p.31 現在の100倍のデータ伝送速度を持つ移動通信システムを実現するため、我が国が強みを有するモバイル関連の技術及びマーケットを活かして、産学官で連携して世界を先導する技術、アプリケーションの研究開発、実証試験を推進するとともに、国際標準化を通じて国際的に調和を取りつつシステムの実用化を図る。

また、「重点計画—2006」(平成18年7月:IT戦略本部決定)においても、以下のとおり明記されているところである。

## 【抜粋】

- ・p.59 (ア) 第4世代移動通信システムの実現に向けた取組の推進(総務省)  
現在の100倍のデータ伝送速度を持つ第4世代移動通信システムについて、要素技術の研究開発・実証実験、他の無線システムとの周波数共用

に関する技術試験を実施するとともに、使用する周波数帯の決定、具体的な無線通信方式の検討など国際電気通信連合 (ITU) の国際標準化活動に積極的に寄与し、2010 年度までに実現を図る。

さらに、「分野別推進戦略」(平成 18 年 3 月:総合科学技術会議決定)では、重要な研究開発課題として、以下のとおり明記されているところである。

【抜粋】

・p.82 【課題4】ワイヤレスネットワークによるユビキタスマビリティ

○超高速ワイヤレスネットワーク

・高速移動時で100Mbps、低速移動時またはノマディック時で1Gbps  
の無線アクセス

加えて、以下のとおり衆参の総務委員会において、電波の逼迫状況を解消するため、未利用周波数帯の研究開発に取り組む旨の国会附帯決議がなされている。

・衆議院・総務委員会(平成 16 年 4 月 13 日)

「電波の逼迫状況を解消するため、電波の再配分のみでなく、未利用周波数帯の開拓等の技術開発を含め、電波の有効利用に引き続き取り組むこと。」

・参議院・総務委員会(平成 16 年 5 月 11 日)

「電波の逼迫状況を解消するため、未利用周波数帯の利用技術や共同利用システム等の研究開発を含め、電波の有効利用に一層取り組むこと。」

こうした各種の政府方針等に鑑み、本研究開発を推進することが必要である。

### 3. 目標

現在実用化あるいは検討されている移動通信システムにおいては、基地局に近いユーザに対しては高速の伝送を実現できるが、基地局から遠いユーザに対しては、十分な伝送品質を得られず、各ユーザに対する伝送レートの公平性を確保できないといった問題が生じている。

そこで、通信エリア内に存在する全てのユーザに対し、平均的に一定量の QoS(Quality of Service)を有する通信を供給できるようにするための技術の研究開発を行う。その際、時間、周波数、空間の各リソースを通信エリア内の各ユーザ間で共有する場合において、ユーザの位置、電波の品質、要求情報量、隣接基地局からの干渉量等にあわせて、基地局側で各リソースのスロットを適応的に割り当て、変調方式可変、伝送アンテナ数可変を行い、基地局に近接するユーザのみならず、遠方のユーザに対しても一定量の QoS を確保する技術を確立することを目標とする。具体的には、基地局近傍のユーザ(セル内で最大の伝送速度を有するユーザ)の伝送速度に比べて、セル内の全てのユーザが、その 1/10 程度以上の伝送速度を享受できるよう、必要なリソース(周波数帯域幅等)を確保する技術を確立することを目標とする。また、セル内のシステム容量について、現行の技術と比べて、2倍以上に向上させることを目標とする。

### 4. 研究開発内容

(1) 概要

ア ユーザ情報の高度な検出(プロービング)技術

基地局に接続している各ユーザの電波利用環境(受信電力、所有している機能、隣接セルからの干渉等)等を周波数、時間、空間領域の観点からプロービング(検出)する技術。

イ マルチディメンショナルリソース割り当て制御技術

上記のアでプロービングした結果を基に周波数、時間、空間領域で使用するリソースを各ユーザごとに決定し、評価関数を与えることにより、各ユーザ間の公平性を勘案する。その結果を活用して、実際の時間、周波数、空間領域のリソーススロットを各ユーザに適応的に割り当て、変調方式、使用するアンテナの本数等を決定し、情報の伝送を行う技術。

(2) 技術課題および到達目標

ア ユーザ情報の高度な検出(プロービング)技術

(技術課題)

時間/周波数さらに空間を利用したアクセス方式において共通して利用可能なユーザからの電波利用環境プロービング方式/プロービングフォーマットは未検討である。

そこで検討が必要と考えられる以下の技術課題の研究開発を実施する。

- (a) 既存の第3世代携帯電話(IMT-2000)やブロードバンドワイヤレスアクセスシステム(BWA)で利用可能な電波利用環境プロービング方式、プロービングフォーマットに関する技術の研究開発。また、その技術の第4世代移動通信システムでの利用が期待されている周波数帯(マイクロ波帯)での実現可能性に係る研究開発。
- (b) プロービングを行う場合の基地局、移動局間での通信プロトコルに係る研究開発。
- (c) プロービング後に基地局が指定する通信方式で通信を行う第4世代移動通信システム用広帯域無線機(端末に相当)に関する研究開発

(到達目標)

第4世代移動通信システムを想定し、100MHz程度の帯域幅を有するワイヤレスセルラー通信システムにおいて、半径500mから1kmの範囲内に存在するユーザの電波利用環境を周波数、時間、空間領域の観点から検出する電波利用環境プロービング方式、プロービングプロトコル、プロービングフォーマットを明確化する。また、こうして検出した電波利用環境に関するユーザ情報に基づき、基地局が指定する通信方式で通信を行う100MHz帯域程度まで対応可能でかつ最大500Mbps程度の伝送が可能な第4世代移動通信システム用広帯域無線端末の実現に向けた技術の研究開発を行う。

なお、上記の目標を達成するに当たっての各年度毎の目標については、以下の例を想定している。

(例)

(平成 19 年度)

- ・ 既存の第3世代携帯電話(IMT-2000)やブロードバンドワイヤレスアクセスシステムで利用可能な電波利用環境プロービング方式、プロービングプロトコル、プロービングフォーマットについて検討を行い、計算機シミュレーションにより、その実現可能性について評価を行う。
- ・ こうして検出した電波利用環境に関するユーザ情報に基づき、基地局が指定する通信方式で通信を行う 100MHz 帯域まで対応可能でかつ最大 500Mbps 程度の伝送が可能な第4世代移動通信システム用広帯域無線機(端末に相当)の設計を行う。

(平成 20 年度)

- ・ 平成 19 年度に設計した電波利用環境プロービング方式、プロービングプロトコル、プロービングフォーマットについて、第4世代移動通信システムに対応するための再設計を行うとともに実証試験装置の設計、開発を行う。

(平成 21 年度)

- ・ 平成 20 年度に試作した実証試験装置を評価するとともに、マルチディメンショナルリソース割り当て制御技術と融合した総合試験装置の開発及び実証を行う。

## イ マルチディメンショナルリソース割り当て制御技術

(技術課題)

時間/周波数さらに空間を利用したアクセス方式において、上記アで検出された情報をもとに、通信エリア内にいるユーザに対して公平性をもって周波数、時間、空間からなるリソーススロットの適応的な割り当てを行い、使用する変調方式やアンテナ本数等を決定するための制御技術は未検討である。

そこで検討が必要と考えられる以下の技術課題の研究開発を実施する。

- (a) 既存の第3世代携帯電話(IMT-2000)やブロードバンドワイヤレスアクセスシステム(BWA)で利用可能なマルチディメンショナルリソース割り当て制御技術の研究開発。また、その技術の第4世代移動通信システムでの利用が期待されている周波数帯(マイクロ波帯)での実現可能性に係る研究開発。
- (b) ユーザ情報の高度なプロービング技術と連動した基地局、移動局間での通信プロトコルに係る研究開発。
- (c) マルチディメンショナルリソース割り当て制御が組み込まれた基地局に対応する第4世代移動通信システム用広帯域無線機(基地局に相当)に関する研究開発

(到達目標)

第4世代移動通信システムを想定し、100MHz 程度の帯域幅を有するワイヤレスセルラー通信システムにおいて、半径 500m から 1km の範囲内に存在する全てのユーザ、特にセルエッジのユーザが、同一セル内で最大の伝送速度を有するユーザの伝送速度に比べて、1/10 程度以上の伝送速度を享受できるよう、周波数、時間、空間からなるリソーススロットの適応的な割り当てを行い、必要なリソース(周波数帯域幅等)を確保する技術を確立する。また、こ

うした技術が搭載された基地局に対応可能な、100MHz 帯域程度まで対応可能でかつ最大 500Mbps 程度の伝送が可能な第4世代移動通信システム用広帯域無線端末の実現に向けた技術の研究開発を行う。

なお、上記の目標を達成するに当たっての各年度毎の目標については、以下の例を想定している。

(例)

(平成 19 年度)

- ・ 既存の第3世代携帯電話 (IMT-2000) やブロードバンドワイヤレスアクセスシステムで利用可能なマルチディメンショナルリソース割り当て制御技術について検討を行い、計算機シミュレーションにより、その実現可能性について評価を行う。
- ・ マルチディメンショナルリソース割り当て制御を行うことができる基地局に対応可能な、100MHz 帯域まで対応可能でかつ最大 500Mbps 程度の伝送が可能な第4世代移動通信システム用広帯域無線機(基地局に相当)の設計を行う。

(平成 20 年度)

- ・ 平成 19 年度に設計したマルチディメンショナルリソース割り当て制御技術について、第4世代移動通信システムに対応するための再設計を行うとともに実証試験装置の設計、開発を行う。

(平成 21 年度)

- ・ 平成 20 年度に試作した実証試験装置を評価するとともに、ユーザ情報の高度な検出(プロービング)技術と融合した総合試験装置の開発、評価を行う。

## 5. 実施期間

平成 19 年度から 21 年度までの3年間

## 6. その他

研究開発の実施に当たっては、関連する要素技術間の調整、成果の取りまとめ方等研究開発全体の方針について幅広い観点から助言を頂くとともに、実際の研究開発の進め方について適宜指導を頂くため、学識経験者、有識者等を含んだ研究開発運営委員会等を開催する等、外部の学識経験者、有識者等を参画させること。

また、本研究開発において実用的な成果を導出するための共同研究体制又は研究協力体制について研究計画書の中にできるだけ具体的に記載すること。

その他、研究開発の実施者は、本研究開発で確立した技術の普及啓発活動を実施すると共に実用に向けて必要と思われる研究開発課題への取組も実施すること。



## ＜基本計画書＞

## 安全運転を支援する車車間通信の実現に向けた周波数高度利用技術の研究開発

## 1. 目的

移動通信システムにとって使い勝手のよい 6GHz 以下の帯域 (VHF、UHF、低マイクロ波帯) については、携帯電話をはじめとして極めて稠密に利用されており (全無線局の 99% 以上)、深刻な電波の逼迫状況が生じている。こうした状況の中、逼迫している電波をより有効かつ効率的に活用しつつ特にニーズの高い移動通信に必要な周波数帯域を確保する<sup>(※)</sup>ためには、移動通信システムにおける周波数の高度利用を実現する技術の研究開発が必要不可欠である。

(※) 総務省は平成 15 年 10 月 10 日、情報通信審議会の答申である「電波政策ビジョン」(平成 15 年 7 月 30 日) を受け、「周波数の再編方針」の公表を行なった。本方針では、平成 25 年までに移動通信システムに最大で約 1.38GHz 幅、無線 LAN 等に最大で約 740MHz 幅の周波数帯域を確保することが必要とされている。

一方、喫緊に取り組むべき社会的課題の一つとして、交通事故の減少が挙げられ、道路交通分野で ITS (Intelligent Transport Systems: 高度道路交通システム) を最大限に活用して安全な道路交通社会を実現することが期待されている。特に、インフラのない場所でも交通事故削減に寄与する有効な手段と考えられている車車間通信技術を早急に確立する必要がある。

そこで、DSRC 周波数帯 (5.8GHz 帯) や将来的に ITS 分野での利用が考えられている VHF/UHF 帯の周波数の有効利用を図りつつ、多数の移動する車両が同時に高い信頼性でリアルタイム性の高い車車間通信を行う次世代の ITS を実現するための通信技術 (適応的車車間通信技術、車群通信技術、車車間通信用自律分散多重アクセス制御技術) の研究開発を行い、もって電波の有効利用に資する。

## 2. 政策的位置付け

「IT 新改革戦略」(平成 18 年 1 月: IT 戦略本部決定) において、以下のとおり明記されているところである。

## 【抜粋】

- ・p.19 2008 年度までに地域交通との調和を図りつつ特定地域の公道において官民連携した安全運転支援システムの大規模な実証実験を行い、効果的なサービス・システムのあり方について検証を行うとともに、事故削減への寄与度について定量的な評価を行う。2010 年度から安全運転支援システムを事故の多発地点を中心に全国への展開を図るとともに、同システムに対応した車載機の普及を促進する。

また、「重点計画—2006」(平成 18 年 7 月: IT 戦略本部決定) においても、以下のとおり明記されているところである。

## 【抜粋】

- ・p.27 (2) 安全運転支援システムに関する技術開発の推進 (警察庁、総務省、経済産業省、国土交通省)

安全運転支援システムの実現に資するセンサー等の検知技術、歩行者と車の通信技術やヒューマン・マシン・インタフェース技術等の技術開発を行う。

さらに、「分野別推進戦略」(平成 18 年 3 月:総合科学技術会議決定)では、重要な研究開発課題として、「ITS 技術の高度化」が挙げられているところである。

加えて、以下のとおり衆参の総務委員会において、電波の逼迫状況を解消するため、未利用周波数帯の研究開発に取り組む旨の国会附帯決議がなされている。

・衆議院・総務委員会(平成 16 年 4 月 13 日)

「電波の逼迫状況を解消するため、電波の再配分のみでなく、未利用周波数帯の開拓等の技術開発を含め、電波の有効利用に引き続き取り組むこと。」

・参議院・総務委員会(平成 16 年 5 月 11 日)

「電波の逼迫状況を解消するため、未利用周波数帯の利用技術や共同利用システム等の研究開発を含め、電波の有効利用に一層取り組むこと。」

こうした各種の政府方針等に鑑み、本研究開発を推進することが必要である。

### 3. 目標

将来的に ITS 分野での利用が期待される VHF/UHF 帯において、隣接周波数帯を使用する他システムとの干渉を回避しつつ、車両の状況予測も含めて高速かつ適応的に伝送方式を変化させる適応的車車間通信技術を確立する。また、車車間通信を行う際に車群の概念を導入することで周波数の有効利用を図る車群通信技術や、多数の車両が効率的かつ確実に車車間通信を行うために必要な車車間通信用自律分散多重アクセス制御技術を確立する。

こうした技術を確立することにより、従来から検討されている車車間通信技術に比べて、周波数利用効率の高い新たな車車間通信システムを実現することを目標とする。

### 4. 研究開発内容

#### ① 概要

将来的に ITS 分野での利用が期待される VHF/UHF 帯において、多数の移動通信システムが存在する環境で車車間通信を行う場合の電波伝搬特性、ならびにそのモデル化を行う。また、この結果をもとに、他システムとの干渉を回避しながら、高速移動環境下における車両の状況予測も含めて、高い通信品質を確保しつつ高速かつ適応的に伝送方式を変化させる通信プロトコルについて研究開発を行う。

また、従来のアドホックネットワーク方式による車車間通信を行う場合には、十分な周波数利用効率を確保することが困難と考えられているため、車車間通信を行う際に車群の概念を導入し、通信を車群内通信と車群間通信に階層化することで、車車間通信システム容量の増大を図る車群通信技術の研究開発を行う。あわせて、車群内通信、車群間通信に、それぞれ別の周波数(例えば、DSRC 周波数帯(5.8GHz 帯)と VHF/UHF 帯)を使用することを想定し、両周波数帯に対応可能なマルチバンド車車間通信システムの実現に向けた研究開発を行う。

さらに、1対多の通信を行う場合に懸念される隠れ端末問題(通信端末が互いの状況を認知できず、送信したパケットが結果的に衝突すること。)を効果的に回避するとともに、信頼性保証と周波数利用効率の向上を図る車車間通信用自律分散多重アクセス制御技術についての研究開発を行う。

## ② 技術課題および到達目標

### ア) 適応的車車間通信技術

#### (技術課題)

今後、ITS 分野での利用が期待される周波数帯である VHF/UHF 帯において、多数の移動通信システムが存在する環境で車車間通信を行う場合には、電波伝搬特性を明らかにし、そのモデル化を行う必要がある。加えて、高速移動環境下における車両の状況予測を含めて、高い通信品質を確保しつつ高速かつ適応的に伝送方式を変化させる通信プロトコルを実現するといった技術課題がある。

また、VHF/UHF 帯において必要最小限の帯域幅で通信を行うために、同一周波数帯を用いるシステム内干渉、及び隣接周波数帯を用いるシステム間干渉を制御する技術について検討する必要がある。

そこで以下の技術の研究開発が必要となる。

- (a) VHF/UHF 帯において、多数の移動通信システムが存在する環境で車車間通信を行う場合の電波伝搬特性及びそのモデル化に関する研究開発
- (b) VHF/UHF 帯において、多数の車両が高速移動しながら車車間通信を行う場合に、高い通信品質を確保できる変調方式及び車両の状況予測も含めて、高速かつ適応的に伝送方式を変化させる通信プロトコルの研究開発
- (c) VHF/UHF 帯において、数 100byte の情報を 100ms 程度の送信頻度で通信する場合<sup>(※1)</sup>に、100 台程度の車両<sup>(※2)</sup>による車車間通信が可能となる周波数割り当て方法及びその割り当て法において、同一周波数帯を用いるシステム内干渉、及び隣接周波数帯を用いるシステム間干渉を最小化することができる干渉制御技術に関する研究開発

(※1) ITS 関係省庁で検討した「先進安全自動車(ASV)推進計画」に基づくもの。

(※2) 上記(※1)の計画を参考に検討された道路モデルの通信エリア(前方 200m、後方 100m、側方 100m、見通し外回折 5m)内に存在する車両(約 300 台)中、約 1/3 の車両が車車間通信を行うことを想定。

#### (到達目標)

VHF/UHF 帯において、多数の移動通信システムが存在する環境で車車間通信を行う場合の電波伝搬特性を明らかにするとともに、そのモデル化を行う。また、通信可能な車両台数が 100 台程度存在する場合を想定し、数 100byte の情報を 100ms 程度の送信頻度で送信する場合に、パケット到達率が常に 80%以上<sup>(※3)</sup>となるような変調方式、通信プロトコルの開発をする。

また、上記の条件に加えて、周波数利用効率が約 2bps/Hz(誤り訂正符号等冗長ビットを含む)となることを同時に実現する通信システムの周波数割り当て技術及び干渉制御技術を開発する。

システム容量については、通常考えられている車車間通信技術に比べて4倍程度<sup>(※4)</sup>向上させるための変調方式、通信プロトコルを開発する。

なお、実施期間における年度毎の具体的な目標例は、以下のとおり。

(※3) 上記(※1)の計画で検討された要求条件に基づくものであり、誤り訂正や再送などを除く、エアインターフェースでの品質。

(※4) 新たな周波数帯を対象としていること及び新たな技術を開発することの双方を考慮して目標値を設定。

#### (例)

(平成 19 年度)

- ・ VHF/UHF 帯において多数の移動通信システムが存在する環境で車車間通信を

行う場合の電波伝搬特性試験を行う。

- ・ 高速移動時でも所望の回線品質を得ることが可能な伝送方式及び通信プロトコルに加えて、同一周波数帯を用いるシステム内干渉及び隣接周波数帯を用いるシステム間干渉の制御法について、それぞれ計算機シミュレーションによる検討を行う。

(平成 20 年度)

- ・ 平成 19 年度に測定した車車間通信における電波伝搬特性に基づき、VHF/UHF 帯における伝搬モデルの構築を行う。
- ・ 平成 19 年度に検討した伝送方式、通信プロトコル及び、干渉制御技術を実現可能な車載器のプロトタイプ(一次試作品)の開発を行い、基礎実験(フェージングシミュレータを用いた試験)及び評価を行う。

(平成 21 年度)

- ・ 平成 20 年度に試作した車載器のプロトタイプの基礎実験成果に基づき、2 次プロトタイプ試作を行い、実環境における実証試験及び評価を行う。

## イ) 車群通信技術

(技術課題)

車車間通信システムの普及に伴い必要となる周波数帯域の不足が懸念されるところであり、DSRC 周波数帯(5.8GHz 帯)や将来的に ITS 分野での利用が期待される VHF/UHF 帯の周波数を効率的に使用するため、車群通信という概念(方式)を導入することが有効と考えられている(車群通信は車群内通信と車群間通信で構成され、一つの車群内に閉じた通信の内容を、その上位である各車群の代表者間の通信により情報交換する方式。)。この車群通信実現のためには、通信を車群内通信と車群間通信に階層化する技術や車群形成・管理アルゴリズム等の車群通信用の通信制御技術について検討する必要がある。また、車群内通信と車群間通信にそれぞれ DSRC 周波数帯及び VHF/UHF 帯を利用したマルチバンド車車間通信システム実現のための無線方式及び通信プロトコル、車載器システムの設計等の技術課題がある。

そこで以下の技術の研究開発が必要となる。

- (a) 高信頼・高効率通信を可能とする車群形成技術(車群サイズ、車群内リーダーの選択、車群境界ノードの定義、流動的な車群構成の管理方法等)の研究開発
- (b) 車群内通信と車群間通信にそれぞれ DSRC 周波数帯及び VHF/UHF 帯を利用したマルチバンド車車間通信技術の研究開発
- (c) マルチバンド車車間通信システム実現のための車載器システムの設計に関する研究開発

(到達目標)

周波数の有効利用を可能とする車群通信技術を実現する。具体的には、システム容量については DSRC 周波数帯1波を用いて従来のアドホックネットワーク方式で車車間通信を行う場合に比べて、複数周波数を有効に利用することで通信品質の向上と4倍程度となるシステム容量の増大を実現するマルチバンドの車群通信技術を開発し、通信範囲における 100 台程度の車両が迅速かつ確実な車車間通信を行うことが可能な車群通信技術の実現を目指す。

また、DSRC 周波数帯および VHF/UHF 帯を利用したマルチバンド車車間通信シ

システム実現のための車載器システムの設計及び試作機の開発を行う。車載器仕様は、DSRC 実験器規格と同様に空中線電力 10mW 以下(許容偏差±50%)とし、複数チャンネル使用時においても、相互に干渉しない隣接チャンネル漏洩電力および隣接チャンネル漏洩電力を満たすものとする。

なお、実施期間における年度毎の具体的な目標例は、以下のとおり。

(例)

(平成19年度)

- ・ 車群通信方式基本評価装置を用い、高信頼・高効率通信を可能とする車群形成技術の基本方式(車群サイズ、車群内リーダーの選択、車群境界ノードの定義、流動的な車群構成の管理方法等)の検討を行い、その有効性等を評価・検証する。
- ・ 隣接車両間において車群を形成するための QoS 保証の検討を行う。

(平成20年度)

- ・ 車群通信方式性能評価装置を用い、通信可能な車両台数を向上する方式開発のためのシミュレーションによる検討等を行う。また、マルチバンド通信環境における適応車群通信制御による QoS 向上の検討、評価を行う。
- ・ マルチバンドに対応した試作装置を使用し、車群内通信と車群間通信で別周波数を利用した場合の品質評価を行う。
- ・ 一つの車群内で、従来のアドホック通信方式より、周波数利用効率を4倍程度高めるため、車群形成と同時に車群内で 1 対1あるいは 1 対nの通信経路の構築・維持・管理を行う通信プロトコルの検討や、車群の境界ノード(代表者)の選択・中継手法等による効果的な通信手法を検討し、シミュレーションによりその有効性と従来のアドホック通信方式に対する優位性を評価・検証する。
- ・ 適応車群通信制御による QoS 性能評価が可能な、車群通信制御部の試作を行う。また、複数チャンネル・複数周波数帯域を同時に送受信可能で、かつ離れた周波数間干渉及び近接チャンネル間の干渉を抑圧した、高周波回路部の試作を行う。

(平成21年度)

- ・ 前年度に試作した、車群通信制御部及び高周波回路部を一体化したマルチバンド車載器の試作を行う。
- ・ 複数周波数帯および複数周波数チャンネルに対応したマルチバンド車載器を使用して、考案した車群通信方式を実験により評価・検証する。

## ウ)車車間通信用自律分散多重アクセス制御技術

(技術課題)

安全運転支援・事故低減のための車車間通信では、周辺に存在する多数の車両の位置・速度等の情報をリアルタイムかつ確実に収集する必要がある。特に交差点の出会い頭事故や右直事故の低減に向けては、建物や大型車両に遮蔽された見通し外の車両を含め、多数の周辺車両の動向を通信により逐次把握することが求められている。そのため多数の車両同士が同時に通信を行う必要があるとともに、通信の高い信頼性を確保する必要がある。

車車間通信では、アドホックネットワークのように基地局なしで効率よく1対多の

多重アクセス通信を実現しなければならない。しかし、従来の車車間通信システムで主に検討されている CSMA (Carrier Sense Multiple Access) 方式は簡易に実装が可能であるが、車両端末数および通信トラフィックの増加に従い、通信パケットの衝突を回避するためのキャリアセンスによる待ち時間により、通信遅延の増大や通信効率の低下が発生したり、また、キャリアセンスできない隠れ端末間のパケット衝突による通信の失敗が増加したりする。したがって、従来の CSMA 方式などに代わって、安全運転支援等に対する通信の信頼性の確保と高い周波数利用効率とを両立可能な多重アクセス制御技術の実現が重要な課題となる。

上記課題に対する対策として、以下の理由により、TDMA 方式による多重アクセス制御が最も有望と考えられている。

○周波数利用効率の観点から、時間スロット単位で多重アクセスを制御することにより、通信パケットの時間的な充填効率を高くすることが期待できる。同時に一定間隔での通信機会が与えられ、通信遅延の減少が期待できる。

○通信信頼性確保の観点から、隠れ端末関係にあっても、各端末に適切な時間スロット割当てができれば通信パケットの衝突が原理的に発生しないため、信頼性が確保できる。

そこで、TDMA 方式をベースとして、隠れ端末問題を効果的に回避するとともに、高い信頼性と高い周波数利用効率を両立する自律分散型の時分割多重アクセス制御技術を実現するために、以下の技術の研究開発が必要となる。

(a) 1対多のアドホック通信における隠れ端末問題を効果的に回避し、各車両間におけるパケットの衝突確率を低減するための時間スロット割当て技術。

(b) 通信の信頼性を保証しつつ周波数利用効率が高い車車間通信を実現するための自律分散型時分割多重アクセス制御技術。

(到達目標)

隠れ端末が多く発生すると予想される建物が密集する市街地で、通信トラフィックの負荷が 80%以上の高負荷時に、各端末が互いに1対多の通信を一定間隔で行う状況を想定し、従来の CSMA 方式に対して、システム容量を4倍程度向上させる自律分散型時分割多重アクセス方式の実現を目標とする。

なお、実施期間における年度毎の具体的な目標例は、以下のとおり。

(例)

(平成19年度)

- ・ 多数の車両間での1対多の通信における隠れ端末問題を効果的に回避することで、パケット衝突確率を低減させ通信の信頼性を向上させるための隠れ端末対策技術の検討、および同技術のアドホックな多重アクセス制御技術への導入方式の検討を行う。
- ・ 基地局なしで多数の車両が効率よく互いに通信を行う TDMA 方式のアクセスを実現するための自律分散型の通信タイミング同期技術の検討を行う。

(平成20年度)

- ・ 建物が密集する市街地での隠れ端末の影響を考慮して評価するため、交差点周辺の電波伝搬特性を想定した上で、通信範囲外の車両の影響を含めて通信範囲内における当該車両の周辺で生ずる高通信トラフィック環境下において、前年度に考案した多重アクセス制御技術を用いて周波数利用効率が改善できることをシミュレーションにより明らかにする。

- ・ 考案した多重アクセス制御技術による車車間通信装置を試作する。

(平成21年度)

- ・ 擬似的に高通信トラフィックの状態を実現し、その環境下で上記試作通信機を用いることにより、効果的に隠れ端末を回避しつつ、高信頼かつリアルタイムの通信が可能となることを実証する。
- ・ 実環境において装置を使った通信実験を行い、考案した多重アクセス制御技術により周波数利用効率が向上することを実証する。

## 5. 実施期間

平成19年度から21年度までの3年間

## 6. その他

本研究開発の成果は、出来る限り、「IT新改革戦略」(2006年1月、IT戦略本部決定)に基づき現在官民で進められている「安全運転支援システム」の実用化に向けた取組に積極的に入力し、効果を検証するよう努めること。

研究開発の実施に当たっては、関連する要素技術間の調整、成果の取りまとめ方等研究開発全体の方針について幅広い観点から助言を頂くとともに、実際の研究開発の進め方について適宜指導を頂くため、学識経験者、有識者等を含んだ研究開発運営委員会等を開催する等、外部の学識経験者、有識者等を参画させること。

また、本研究開発において実用的な成果を導出するための共同研究体制又は研究協力体制についても提案書[5a](実施体制説明書)の「3 研究開発体制図」や「6 共同研究契約等について」の中へできるだけ具体的に記載すること。

その他、応募者は、本研究開発で確立した技術の普及啓発活動を実施すると共に実用に向けて必要と思われる研究開発課題への取組も実施すること。



## ＜基本計画書＞

## 固体素子を用いた船舶用 9GHz 帯レーダーの研究開発

## 1. 目的

総務省は平成 15 年 10 月 10 日、情報通信審議会答申の「電波政策ビジョン」(平成 15 年 7 月 30 日)の提言を踏まえ、今後の電波の再配分を迅速かつ円滑に推進するため、「周波数の再編方針」の公表を行った。本方針では、平成 25 年までに移動通信システムに最大で約 1,380MHz 幅、無線 LAN 等に最大で約 740MHz 幅の周波数を確保することが必要とされている。

そのため、大幅な周波数帯を新たに確保しなければならず、その手段の一つとして、レーダーで使用されている 3GHz 帯、5GHz 帯及び 9GHz 帯の周波数について、狭帯域化及びスプリアスの低減を早急に図る必要がある。現在、5GHz 帯において固体素子を用いた気象レーダーの研究開発を実施しているが、今回、新たに船舶用の 9GHz 帯レーダーに対しても固体素子を用いて、狭帯域化及びスプリアス低減のための研究開発を行い、電波の再配分を迅速かつ円滑に実施することができる環境を整えることを目的とする。

## 2. 政策的位置付け

IT 戦略本部が策定した「重点計画-2006」(平成 18 年 7 月)では、国際競争社会における日本のプレゼンスの向上として、船舶用無線設備の国際普及に関し、「2010 年度までに IT 技術を活用した新たな船舶用無線設備等の技術基準を検討し、ITU、IMO 等に提案を行い、国際標準化の推進を図る。」とされている。

また、総務省が公表した「周波数の再編方針」において、平成 25 年までに移動通信システムに最大で約 1,380MHz 幅、無線 LAN 等に最大で約 740MHz 幅の周波数を確保することが必要とされている。

さらに以下のとおり、衆・参議院の各総務委員会において、電波の逼迫状況を解消するため、未利用周波数帯等の研究開発に取り組む旨の国会附帯決議がなされている。

・衆議院・総務委員会(平成 16 年 4 月 13 日)

「電波の逼迫状況を解消するため、電波の再配分のみでなく、未利用周波数帯の開拓等の技術開発を含め、電波の有効利用に引き続き取り組むこと。」

・参議院・総務委員会(平成 16 年 5 月 11 日)

「電波の逼迫状況を解消するため、未利用周波数帯の利用技術や共同利用システム等の研究開発を含め、電波の有効利用に一層取り組むこと。」

## 3. 目標

現在のマグネトロンを用いた船舶用 9GHz 帯レーダー(以下「既存船舶用レーダー」という。)に比べ 70%の周波数帯域までの狭帯域化を実現するとともに、国際的に検討が進められている現在よりも厳しいスプリアス基準にも対応した、固体素子を用いた船舶用レーダーを開発することを目標とする。あわせて、当該レーダーの開発に当たっては、パルス圧縮技術を用いても既存船舶用レーダーの最小探知距離及び距離分解能などと同等の性能を有することも目標とする。

## 4. 研究開発内容

### ① 概要

船舶用 9GHz 帯レーダーの狭帯域化を実現するため、固体素子を用いて狭帯域化を図るとともに、小型化・軽量化のため、できる限り少ない固体素子で高出力電力増幅を得るための電力合成技術の研究開発を行う。また、ITU での新たな基準を満足するためのスプリアス低減技術の研究開発を行う。さらに、パルス圧縮技術を用いた場合でも既存船舶用レーダーと同程度の性能を保つための近距離物標探知技術、レーダー干渉除去技術、海面反射波除去技術の研究開発を行う。

### ② 技術課題および到達目標

(技術課題)

#### ア 固体素子を用いたレーダーの狭帯域化技術

固体素子は、マグネトロンに比べ周波数安定度が高いことから、周波数の有効利用に優れている。9GHz 帯の固体素子による電力増幅器は、単素子あたりのパルス出力で数十 W クラスのものが報告されているが、1つの素子の出力では船舶用レーダーとしては不十分である。固体素子を用いた船舶用 9GHz 帯レーダーの実現のためには数 kW 以上の空中線電力を得る必要があり、多くの固体素子による電力合成を要することとなるが、これでは装置が大型化してしまい船舶搭載が困難となる。これを防ぐため、使用する固体素子数をできる限り少なくして小型化・軽量化を図り、かつ、高出力を得る増幅器及び高安定度の局部発振器を開発することが必要である。

#### イ 船舶用 9GHz 帯レーダーのスプリアス低減技術

ITU での現在のスプリアス基準は、スプリアス帯域外領域においてはピーク値から 40dB 下がった点からマスクスロープ 20dB/decade 以上、スプリアス領域のスプリアス基準においてはピーク値から 60dB (又は  $43+10\log(\text{PER})$ ) 以上減衰することとされている。現在 ITU では、より厳しいスプリアス基準としてマスクスロープ 40dB/decade の導入が検討されており、欧州では ITU での検討状況を踏まえて 2008 年 1 月から当該基準を導入する予定である。このため、日本としても、当該レーダーを国際基準に満足させるために必要なスプリアス低減技術の研究開発することが必要である。

#### ウ 既存船舶用レーダーと同程度の性能を確保するための技術

固体素子を用いたレーダーでは、ピーク電力を低く抑えることができる反面、既存船舶用レーダーと同等の遠方物標探知性能や距離分解能を得るためには広い周波数帯域が必要となる。そこで、周波数有効利用のためパルス圧縮処理を行う必要があるが、時間軸上で長いパルスを送信するので、その結果、送信パルス幅内の近距離領域におけるレーダー性能が劣化する欠点がある。こうした欠点等を克服し、既存船舶用レーダーと同程度の性能を確保するための近距離物標探知技術等の研究開発が必要である。

(到達目標)

固体素子を用いた船舶用 9GHz 帯レーダーの研究開発における目標は以下のと

おりである。

ア 固体素子を用いた船舶用レーダーの狭帯域化技術

既存船舶用レーダーに比べ 70%の周波数帯域までの低減を実現するとともに、できる限り少ない固体素子(4素子を目標)を用いて350W以上の電力合成出力(単体素子で100W以上)及び送信部出力で300W以上の送信ピーク電力を実現し、小型化・軽量化を図る。その際、送信周波数の安定度として周波数偏差 $10^{-5}$ 以下を満足する。

イ 固体素子を用いたレーダーのスプリアス低減技術

ITU で検討されている現在よりも厳しいスプリアス基準(マスクスロープ 40dB/decade)を満足する。

ウ 既存船舶用レーダーと同程度の性能を確保するための技術

IEC62388 で規格化されている新たなレーダー性能基準値(距離分解能、レンジ性能、最小探知距離)を満足し、既存船舶用レーダーと同程度の性能を有するものとする。

なお、上記の目標を達成するに当たっての年度毎の目標については、以下の例を想定している

(例)

平成 19 年度

- ・ できる限り少ない固体素子での電力合成により出力電力 350W 以上を実現する高出力電力増幅器の設計
- ・ 狭帯域化船舶用レーダーの送受信部のシステム設計及び回路設計
- ・ 近距離物標探知技術、レーダー干渉除去技術及び海面反射波除去技術の基本検討
- ・ レーダーデータ収集・再生装置の試作

平成 20 年度

- ・ 狭帯域化船舶用レーダーの信号処理部のシステム設計
- ・ 送信ピーク電力 300W 以上を目標とした、パルス幅可変の周波数変調可能な信号発生機能を備えた送受信部の試作
- ・ パルス圧縮／信号処理回路の回路設計を行い、小型船舶にも搭載可能となる可搬性を考慮した信号処理部の試作
- ・ 送受信部を組み込んだレーダー空中線の試作、スプリアス特性の測定・評価

平成 21 年度

- ・ 平成 20 年度までに試作したレーダー空中線、信号処理部及び既存のレーダー指示機を組み合わせて狭帯域化船舶用レーダーを試作
- ・ 試作した狭帯域化船舶用レーダーを評価し、送受信部内の回路の最適化により、ITU で検討されている現在よりも厳しいスプリアス基準(マスクスロープ 40dB/decade)を満足することを確認
- ・ 船上における既存船舶用レーダーとの比較を行い、様々な環境(風、荒れた海面、降雨等)における物標探知性能をレーダー画像上で評価
- ・ 狭帯域化船舶用レーダー装置と他の既存船舶用レーダー間の干渉実験を行

い、与干渉・被干渉を評価

- ・ 試作した狭帯域化船舶用レーダーを用いて、距離分解能、レンジ性能、最小探知距離について IEC62388 のレーダー性能試験基準値を満足することを確認

## 5. 実施期間

平成 19 年度から 21 年度までの 3 年間

## 6. その他

提案に当たっては、船舶用の固体素子を用いたレーダー技術の実用化について、将来見込みを記載し、提案すること。

研究開発の実施に当たっては、関連する要素技術間の調整、成果の取りまとめ方など研究開発全体の方針について幅広い観点から助言を頂くとともに、実際の研究開発の進め方について適宜指導を頂くため、学識経験者、有識者等を含んだ研究開発運営委員会を開催するなど、外部の学識経験者、有識者等を参画させること。

また、本研究開発において実用的な成果を導出するための共同研究体制又は研究協力体制についても提案書[5a](実施体制説明書)の「3 研究開発体制図」や「6 共同研究契約等について」の中へできるだけ具体的に記載すること。

その他、応募者は、本研究開発で確立した技術の普及啓発活動を実施すると共に実用に向けて必要と思われる研究開発課題への取組も実施すること。

## ＜基本計画書＞

## ミリ波帯ブロードバンド通信用超高速ベースバンド・高周波混載集積回路技術の研究開発

## 1. 目的

総務省は平成 15 年 10 月 10 日、情報通信審議会の答申である「電波政策ビジョン」(平成 15 年 7 月 30 日)を受け、今後の電波の再配分を迅速かつ円滑に推進するため、「周波数の再編方針」の公表を行なった。本方針では、平成 25 年までに移動通信システムに最大で約 1.38 GHz 幅、無線 LAN 等に最大で約 740 MHz 幅の周波数を確保することが必要とされている。

そのため、大幅な周波数幅を新たに確保しなければならないが、その手段の一つとして、現在あまり利用されていない 30 GHz を超える周波数帯(以下、「未利用周波数帯」という。)の利用促進技術の研究開発が求められている。このため、総務省では平成 17 年度から未利用周波数帯を有効利用するための基盤技術の研究開発を実施している。

他方、ユビキタスネットワーク社会の早期実現に向けて、超高精細映像(HDTV)伝送など、ネットワークのブロードバンド化が進展する中、これらネットワークにシームレスに接続可能なミリ波帯ブロードバンド通信システムに対するニーズが顕在化してきている。未利用周波数帯は広帯域な周波数幅を有するためブロードバンド通信に適しているが、多数の無線システムが周波数を有効利用しつつ確実にブロードバンド通信を行うためには高能率な変復調技術等を含む超高速ベースバンド信号処理回路技術の開発が不可欠である。さらに情報家電等のコンシューマ分野での利用促進の観点からも無線装置の小型・低廉化が不可欠である。これらの課題を解決するためには、シリコン CMOS 技術の開発が急務である。近年、半導体の微細加工技術の進展等により、シリコン CMOS 技術は急速に進展しており、学界等において高周波無線デバイスへの適用についての検討が始められている。このため、本研究開発では、シリコン CMOS による超高速ベースバンド・高周波混載集積回路を実現し、当該集積回路をコアとした小型・低廉な無線ブロードバンド通信システムの構築を目指す。これにより、ミリ波帯の利用を加速し、電波の再配分を迅速かつ円滑に実施することができる環境を整える。

## 2. 政策的位置付け

上述の「周波数の再編方針」を踏まえ、必要な周波数を迅速かつ円滑に確保することが必要となっている。

また、総合科学技術会議が平成 18 年 3 月に策定した「第 3 期科学技術基本計画・分野別推進戦略(情報通信分野)」においては今後 5 年間に取り組むべき重点研究開発課題として「ワイヤレスネットワークによるユビキタスマビリティ」が取り上げられ、「2010 年までに、電波利用の進んでいない周波数帯(高マイクロ波帯、ミリ波帯等)において容易に無線システムの利用を可能とする技術を実現する」との目標が掲げられている。

さらに以下のとおり衆参の総務委員会において、電波の逼迫状況を解消するため、未利用周波数帯の研究開発に取り組むべき旨の国会附帯決議がなされている。

・衆議院・総務委員会(平成 16 年 4 月 13 日)

「電波の逼迫状況を解消するため、電波の再配分のみでなく、未利用周波数帯の開拓等の技術開発を含め、電波の有効利用に引き続き取り組むこと。」

・参議院・総務委員会(平成 16 年 5 月 11 日)

「電波の逼迫状況を解消するため、未利用周波数帯の利用技術や共同利用システム等の研究開発を含め、電波の有効利用に一層取り組むこと。」

### 3. 目標

ユビキタスネット社会の実現に不可欠なブロードバンドネットワークにシームレスに接続可能なミリ波帯通信システムの構築に向けて、10 Gbps クラスの無線伝送に対応可能な超高速ベースバンド信号処理集積回路をシリコン CMOS で構成する技術を開発する。さらに無線装置の小型・低廉化を実現するため、ミリ波帯高周波回路と一体化したベースバンド・高周波混載集積回路をシリコン CMOS で構成するための基盤技術を確立する。

また、当該集積回路の性能を活かしたミリ波帯ブロードバンド通信システムを構築し、その性能を実証する。

### 4. 研究開発内容

#### ① 概要

シリコン CMOS を用いて、10 Gbps クラスの超高速無線伝送に対応可能な超高速ベースバンド信号処理回路を構成する技術の研究開発を行うとともに、ミリ波帯高周波回路と一体化したベースバンド・高周波混載集積回路の構成技術を確立するための研究開発を行う。

また、実用化に向けた検証として、試作された当該シリコン CMOS 集積回路をコアとして用い、その性能を最大限活かしたミリ波帯ブロードバンド通信システムを構築し、研究開発実施期間内にその性能を実証する。ミリ波帯ブロードバンド通信システムとしては、室内での利用を想定した近距離通信システムに加え、適用範囲を広げるため、通信事業者等が簡単にエントランス回線を構成できる中距離伝送システムを対象とする。

#### ② 技術課題および到達目標

ア) 超高速ベースバンド・高周波混載集積回路構成技術の研究開発  
(技術課題)

従来、シリコン系デバイスは化合物半導体と比べ、高速動作が困難であったが、半導体の微細加工技術の進展により、将来のミリ波帯無線デバイスとしての利用に一定の目途がつつある。しかしながら、ミリ波帯の広帯域性を活かした有線系とのシームレスな接続が可能な 10 Gbps クラスの大容量無線通信システム実現のためには、超高速信号処理が可能なベースバンド信号処理回路をシリコン CMOS で構成する回路・システム技術が不可欠である。すなわち、高精度・広帯域変復調回路、数 GHz の超高速クロック

動作・低消費電力のアナログ/デジタル変換器(ADC)、GHz 帯域の広帯域フィルタ、低位相ノイズの発振器、超高速動作のデジタルフィルタなど、超高速・低消費電力アナログ回路及びデジタル回路の開発が必要である。あわせて、ミリ波の高効率利用のための高能率変復調、局部発振位相雑音補償、干渉補償、歪補償、誤り訂正等の信号処理を可能とするミリ波信号処理技術の開発が必要である。

また、無線装置の小型・低廉化を目指す観点からは、シリコン CMOS によるベースバンド信号処理回路と高周波回路との一体化が不可欠であり、そのために必要な超高速 ADC 等の開発とともに、混載集積回路の設計・構成に不可欠な低損失化、広帯域なインピーダンス整合、デジタル部からのノイズ低減技術等の基盤技術を開発する必要がある。

そこで、以下の技術の研究開発を実施する。

- ・ 超高速 ADC、デジタル/アナログ変換器(DAC)及び超高速変復調のベースバンド信号処理機能と、干渉補償、歪補償、誤り訂正などのミリ波信号処理機能を有するシリコン CMOS 集積回路構成技術
- ・ CMOS 集積回路における位相雑音の補償機能を有する高能率変復調器構成技術
- ・ HDTV 信号などの超広帯域信号を伝送可能とする超広帯域ミリ波伝送技術
- ・ シリコン CMOS によるベースバンド信号処理回路及びミリ波高周波回路の混載集積回路構成技術

(到達目標)

シリコン CMOS を用いて、10 Gbps クラスの超高速無線伝送に対応可能な超高速ベースバンド信号処理回路を構成するとともに、ミリ波帯高周波回路と一体化したベースバンド・高周波混載集積回路を構成するための基盤技術を確立する。最終目標として、60 GHz において高周波出力 10 mW 以上、受信雑音指数 5 dB 以下、消費電力 1 W 以下、チップサイズ 10 mm × 10 mm 以下を実現する。

(例)

(平成19年度)

- ・ 0.13  $\mu\text{m}$  レベルの微細ルールを有するシリコン CMOS を用いた ADC、DAC を設計・試作し、600 Mbps 動作を実現する。
- ・ 2.5 Gbps を実現する ADC、DAC などのアナログコア回路の方式を検討する。
- ・ 65 nm レベルの微細ルールを有するシリコン CMOS を用いたデバイスを試作し、基礎パラメータを取得する。
- ・ 超高速デジタル伝送システムに使用する発振器の位相雑音低減のため、シリコン CMOS 発振器に特有の位相雑音に関して、ビット誤り率への影響などを明らかにするための位相雑音のモデル化を行う。

(平成20年度)

- ・ 0.13  $\mu\text{m}$  レベルの微細ルールを有するシリコン CMOS を用いた ADC、DAC 及び 16 QAM など多値変調の信号処理機能と干渉補償、歪補償、誤り訂正などのミリ波信号

処理機能を有するベースバンドチップを設計・試作し、600 Mbps 動作を実現する。

- ・ 65 nmレベルの微細ルールを有するシリコン CMOSを用いたADC、DACを設計・試作し、2.5 Gbps 動作を確認する。
- ・ 65 nm レベルの微細ルールを有するシリコン CMOS を用いた高周波基本回路を設計・試作し、基礎パラメータを取得する。
- ・ 前年度に作成した位相雑音モデルを用いて、位相雑音補償技術を検討する。

(平成21年度)

- ・ 65 nm レベルの微細ルールを有するシリコン CMOS を用いてベースバンド・変復調回路混載チップを設計・試作し、2.5 Gbps 動作を実現する。
- ・ 65 nm レベルの微細ルールを有するシリコン CMOS を用いた 2.5 Gbps の伝送速度のベースバンド・高周波混載集積回路を設計・試作し、課題を抽出する。
- ・ 65 nm レベルの微細ルールを有するシリコン CMOS を用いた 10 Gbps ADC, DAC などのアナログコア回路やデジタルベースバンド回路及び高周波回路などの要素技術を検討する。
- ・ シリコン CMOS 発振器の位相雑音補償技術を用いた高能率変復調器を試作し、評価する。

(平成22年度)

- ・ 65 nm レベルの微細ルールを有するシリコン CMOS を用いたベースバンド・高周波混載集積回路を設計・試作し、60 GHz で 2.5 Gbps の伝送速度を検証する。
- ・ 65 nm レベルの微細ルールを有するシリコン CMOS を用いた 10 Gbps ADC、DAC などのアナログコア回路やデジタルベースバンド回路及び高周波回路などの要素技術を開発し、これら要素技術を集積して 10 Gbps クラスのベースバンド・高周波混載集積回路を設計・試作する。
- ・ シリコン CMOS 発振器の位相雑音補償技術を用いた高能率変復調器の評価結果をもとに改良を加え、更に位相雑音補償精度を上げる。

(平成23年度)

- ・ 65 nm レベルの微細ルールを有するシリコン CMOS を用いて、ベースバンド・高周波混載集積回路の改良モデルを設計・試作し、10 Gbps クラスの伝送速度を検証する。
- ・ 開発した位相雑音補償高精度高能率変復調方式を適用した 10 Gbps クラスのベースバンド・高周波混載集積回路を開発する。

イ) シリコン CMOS 混載集積回路の性能を活かしたミリ波帯ブロードバンド通信システム構築技術の研究開発

(技術課題)

ミリ波帯の利用技術については既に多くの要素技術の研究開発が進められているが、それらを組み合わせパッケージ化し、無線通信機器ベンダーが安定的かつ簡易に利用

可能としなければミリ波帯の利用促進はのぞめない。このため、ア)で開発したシリコン CMOS による超高速ベースバンド・高周波混載集積回路をコアとして用いてミリ波帯ブロードバンド通信システムを構築する基盤技術を確立し、ミリ波帯の真の利用促進を図る。このため、超高速ベースバンド・高周波混載集積回路実装のための基盤技術を確立する。また、ミリ波帯の特性を最大限活かすため、これらミリ波集積回路との一体構成を可能とする高能率なミリ波帯アンテナの設計も行う。

これらシステム構築のための基盤技術を確立し、室内利用を想定した伝送距離5m 程度の近距離用、エントランス回線を想定した伝送距離1km 程度の中距離用の2種類のミリ波帯ブロードバンド通信システムを実際に構築し、その性能を実証するため、以下の技術の研究開発を実施する。

- ・ 超高速ベースバンド・高周波混載集積回路実装のための基盤技術
- ・ ミリ波集積回路との一体構成が可能な高能率ミリ波帯アンテナの設計
- ・ ミリ波帯ブロードバンド通信システムの試作・実証評価

(到達目標)

伝送距離 5 m 程度、ビット誤り率  $10^{-6}$  以下、実効伝送速度 2.5 Gbps 以上の近距離通信システムを実現する。また、伝送距離 1 km 程度、ビット誤り率  $10^{-6}$  を越える時間帯が年間 0.01%以下、実効伝送速度 2.5 Gbps 以上の中距離高速伝送システムを実現し、その性能を実証する。

(例)

(平成19年度)

- ・ 中距離伝送システムの基本設計及び無線装置構成の検討を行う。
- ・ 1 km 程度の中距離伝送に適した垂直・水平偏波共用アンテナ及びその給電構造の広帯域化を検討する。
- ・ 中距離伝送システムに用いる高出力用ミリ波集積回路及び低雑音用ミリ波集積回路の要素技術を開発する。
- ・ 近距離通信システムのプロトタイプ設計を行う。
- ・ シリコン CMOS との一体化に適した近距離通信用アンテナの基礎検討を行う。

(平成20年度)

- ・ 中距離伝送システムを試作・評価する。
- ・ 2.5 Gbps クラスの中距離高速伝送システムの基礎検討を行う。
- ・ 2.5 Gbps クラスの中距離高速伝送システムに用いる垂直・水平偏波共用アンテナの広帯域給電構造を設計・試作・評価する。
- ・ シリコン CMOS との一体化に適した近距離通信用超小型アンテナを試作し、基本特性を評価する。
- ・ 中距離高速伝送システムに用いる高出力用ミリ波集積回路及び低雑音用ミリ波集積回路の設計・試作・評価を行う。
- ・ シリコン CMOS によるベースバンド・高周波混載チップ実装の基礎検討を行い、アン

テナ/チップ/基板を統合したミリ波無線装置のための実装技術の開発を行う。

(平成21年度)

- ・ 中距離伝送システムの実運用評価・回線信頼度試験・干渉性伝送歪耐力評価を行う。
- ・ 2.5 Gbps クラスの中距離高速伝送システム用無線装置を開発する。
- ・ シリコン CMOS との一体化に適した近距離通信用超小型アンテナの性能評価試験を行う。
- ・ 2.5 Gbps クラスの中距離高速伝送システムに用いる高出力用ミリ波集積回路及び低雑音用ミリ波集積回路の改良を行う。
- ・ シリコン CMOS によるベースバンド・高周波混載チップを実装し、性能を評価する。

(平成22年度)

- ・ 2.5 Gbps クラスの中距離高速伝送システムを試作する。試作にあたっては、新たに開発した実装技術を駆使し、システムを小型化する。
- ・ シリコン CMOS との一体化に適した近距離通信用超小型アンテナとシステムチップとの接続法を検討し、特性評価を行う。
- ・ 新たに開発した実装技術を用いた近距離通信システムを試作する。

(平成23年度)

- ・ 2.5 Gbps クラスの中距離高速伝送システムの実運用評価・回線信頼度試験・干渉性伝送歪耐力評価を行い、伝送距離 1 km、ビット誤り率  $10^{-6}$  を越える時間帯が年間 0.01% 以下、実効伝送速度 2.5 Gbps 以上を達成する。
- ・ 近距離通信システムを試作し、伝送距離 5 m、ビット誤り率  $10^{-6}$  以下、実効伝送速度 2.5 Gbps を達成する。
- ・ アンテナ、ミリ波集積回路、実装技術を含めた要素技術の改良最適化を行う。

## 5. 実施期間

平成19年度から23年度までの5年間

## 6. その他

研究開発の実施に当たっては、関連する要素技術間の調整、成果の取りまとめ方等研究開発全体の方針について幅広い観点から助言を頂くとともに、実際の研究開発の進め方について適宜指導を頂くため、学識経験者、有識者等を含んだ研究開発運営委員会等を開催する等、外部の学識経験者、有識者等を参画させること。

また、本研究開発において実用的な成果を導出するための共同研究体制又は研究協力体

制についても提案書[5a](実施体制説明書)の「3 研究開発体制図」や「6 共同研究契約等について」の中へできるだけ具体的に記載すること。特に、本研究開発制度にて平成17年度より実施している他のミリ波関連の研究開発プロジェクトとの連携について、可能性も含め、効果的に研究開発を行うための提案があれば記載すること。

その他、応募者は、本研究開発で確立した技術の普及啓発活動を実施すると共に実用に向けて必要と思われる研究開発課題への取組も実施すること。



## ＜基本計画書＞

## マイクロ波帯、ミリ波帯の利用拡大のための機器雑音抑制技術の研究開発

## 1. 目的

総務省は平成 15 年 10 月 10 日、情報通信審議会の答申である「電波政策ビジョン」(平成 15 年 7 月 30 日)を受け、今後の電波の再配分を迅速かつ円滑に推進するため、「周波数の再編方針」の公表を行った。本方針では、平成 25 年までに移動通信システムに最大で約 1.38GHz 幅、無線 LAN 等に最大で約 740MHz 幅の周波数を確保することが必要とされている。

そのため、新たにマイクロ波帯・ミリ波帯などの高い周波数における無線機器の開発が行われ、その無線機器の小型化・高密度化が進められている。その小型化、高密度化がすすみデジタル回路から無線回路への電磁干渉の問題が顕著になり無線通信の通信品質の劣化を軽減する技術の研究開発が求められている。

そこで、電磁干渉の軽減するためには、無線機器内部の電磁界の分布を制御しながら、部品や空中線の配置、基板構成などの無線機器全体の構造を最適化する必要がある。デジタル回路と無線回路が混在する無線機器において、これら回路間の電磁的な結合メカニズムの明確化と機器を構成する材料の適用技術の開発を行うことにより、このような無線機器内部の電磁的な干渉を抑制する技術を実現し、マイクロ波帯・ミリ波帯といった高い周波数の利用を促進し、電波の有効利用に資する。

## 2. 政策的位置づけ

以下のとおり「IT 新改革戦略」(平成 18 年 1 月 19 日 IT 戦略本部決定)において、「我が国が世界をリードする分野の競争力を維持するため、また、次世代の IT 社会の基盤を構築するため、戦略的な研究開発に対する一層の取り組み」が必要であるとされている。

## 【抜粋】

・p37 IT 分野における研究開発については、e-Japan 戦略や科学技術基本計画の下、取り組みが強化され、一定の成果があがっているが、近年、技術開発を巡る国際競争は激化しており、先進諸国のみならず、中国・韓国等アジア諸国も技術競争力の強化に注力し始めた結果、これらの国々から、急速な追い上げを受ける状況にある。

こうした状況から、我が国が世界をリードする分野の競争力を維持するため、また、次世代の IT 社会の基盤を構築するため、戦略的な研究開発に対する一層の取り組みが求められている。

## 実現に向けた方策

2. 国際競争力の維持・強化に向け、電子タグ、光ネットワーク、ロボット、コアデバイス、情報家電、モバイル等我国がリードする IT や、他分野の基盤となる IT の研究開発を重点的に推進する。

また「第 3 期科学技術基本計画 分野別推進計画」(平成 18 年 3 月 28 日、総合科学技術会議)の情報通信分野において、重要な研究開発課題として、以下のとおり明記されているところである。

## 【抜粋】

- ・p.49 移動体通信における米社の知的財産権による支配や、NGN(国際的な次世代ネットワーク)標準化における EU の攻勢、さらに価格優位性から技術の優位性に競争の軸を移しつつある中韓勢の動向は、産業の国際競争力の観点で脅威である。特に無線 LAN を始めとする携帯事業者のビジネスモデルに乗らない無線技術については、我が国は欧米のみならず韓国にも大きく遅れている。無線技術においては多様な方式の競争がはじまっており、携帯事業者型の開発モデルを促進するとともに、偏らない研究開発を国の主導のもとに推進することが期待される。また、インターネットのみならず電話、映像通信、さらに移動通信を IP(インターネットの通信規約)で統合化する NGN への変革は今後のネットワーク設計に大きな影響を与えるものであり、これらの研究開発の強化は必須である。我が国が世界の IT 最先端国家であり続けるためには、先端技術分野の研究開発において、単一機関の利害や取組範囲を超えた産学官を巻き込む広い視野で取り組むことと同時に、活気ある市場を創出し、競争をとおして産業の健全な発展と国際競争力の強化を図っていくことが、国を挙げて取り組むべき最重要課題である。

さらに、以下のとおり衆参の総務委員会において、電波の逼迫状況を解消するため、未利用周波数帯の研究開発に取り組むべき旨の国会附帯決議がなされている。

- ・衆議院・総務委員会(平成 16 年 4 月 13 日)

「電波の逼迫状況を解消するため、電波の再配分のみでなく、未利用周波数帯の開拓等の技術開発を含め、電波の有効利用に引き続き取り組むこと。」

- ・参議院・総務委員会(平成 16 年 5 月 11 日)

「電波の逼迫状況を解消するため、未利用周波数帯の利用技術や共同利用システム等の研究開発を含め、電波の有効利用に一層取り組むこと。」

### 3. 目標

本研究開発では、マイクロ波帯からミリ波帯までの広い周波数帯域における通信品質の確保と無線通信の低電力化を実現するため、デジタル回路を搭載した無線機器内部におけるデジタル回路と無線回路間の電磁的な干渉を、機器内部の電界や磁界の分布を制御することのできる誘電材料、磁性材料、導電材料などの電磁的特性を有する材料を適用して低減する技術を確立する。また、本技術を適用して最適化された実装構造を実現し、局所的に 70dB $\mu$ V/m を超えることが予想される干渉の電界強度を、現在、実用化が進んでいる 2.4~5.6GHz、および今後の利用拡大が見込まれる 11GHz までの周波数帯を中心に、30dB 以上低減したデジタル回路搭載無線機器の実現し、併せて、他の周波数帯への拡大を検討することを目標とする。

### 4. 研究開発内容

#### ① 概要

マイクロ波帯からミリ波帯までの広い周波数帯域における CPU、メモリ回路、画像処理回路などのデジタル回路を搭載した無線機器を対象として、機器内部の電磁界計測によりデジタル回路からの電磁雑音の発生とその無線回路への電磁的な結合、および、回路動作と通信特性の関係を定量的に評価し、電磁的な干渉のメカニズムとその無線回路への影響を解明する。

ここで得られたメカニズムに対する情報を用い、誘電材料、磁性材料、導電材料などの電磁的特性を有する電磁界制御材料を用いて回路の最適な配置、構造を明確にするとともに、同技術の実用化に向けた設計技術を確立する。さらに、同材料の性能の向上と本技術の適用機会の拡大を目指し、電磁的な干渉抑制に必要とされる電磁波吸収特性、反射特性などの指標と、誘電率、透磁率特性などの材料定数や厚み、形状、寸法など構造定数との関係を明確化し、材料による電磁干渉抑制の効果を定量的かつ普遍的に評価する手法を確立する。

## ② 技術課題および到達目標

### (技術課題)

マイクロ波帯・ミリ波帯におけるデジタル回路の発生する電磁雑音の無線回路への結合のメカニズムを調べるためには、機器内部の電磁界の分布を詳細に計測する必要がある。特に無線回路への影響を考慮した場合、高感度で、かつ、回路周囲の電磁界の分布を乱さないような計測技術の適用と、得られた電磁界の分布からデジタル回路内部の電磁雑音の発生要因を明らかにするための解析技術の確立が必要となる。

また、電磁的な干渉を抑制するための最適な構造を実現するため、マイクロ波・ミリ波帯の高周波帯において機器内部の電磁界の分布を制御することが可能な誘電特性、磁気特性、導電特性などの電磁的特性を有する材料の選定が必要であるほか、こうした材料の実効的な誘電率、透磁率は材料のサイズや形状に依存して変化するため、これらの値を正確に計測することが必要となる。さらには、これらの材料を適用して上記のメカニズムに基づき材料定数や形状の最適化を行うため、材料適用技術、電磁特性を考慮した構造設計技術の開発が必要不可欠である。

### (到達目標)

本施策ではデジタル回路と無線回路の混在する無線機器において、これら回路間の電磁的な結合のメカニズムの明確化と材料適用技術の開発を行うことにより、このような無線機器内部の電磁的な干渉を現状に対して 30dB 以上低減することを実現したプロトタイプを試作を行う。

なお、上記目標を達成するにあたっての各年度毎の目標については、以下の例を想定している。

### (例)

#### (平成 19 年度)

- ・マイクロ波・ミリ波帯における無線通信機能と同周波数帯において電磁雑音を発生するデジタル回路を搭載した無線機器の試作と機器内の電磁的な干渉計測することにより電磁的な結合のメカニズム(空間／伝導)を解明のための評価技術を確立する。
- ・マイクロ波・ミリ波帯において電磁界を制御可能な電磁特性を有する材料の調査、選定とその基本特性評価を行う。

#### (平成 20 年度)

- ・1～20GHz 帯におけるデジタル回路の電磁雑音の発生と、その無線回路への電磁的な結合のメカニズムの解明、およびそのメカニズムに対する抑制手法の基礎検討を行う。
- ・無線機器内部の電磁界の分布の制御が可能な電磁的な特性を有する材料の誘電率、透磁率などの諸定数や、それらの形状、寸法依存性を明らかにするとともに、その材料を無線機器の内部に実装するための基礎技術を確立する。

- ・上記周波数帯の無線回路とデジタル回路から発生する電磁雑音の影響を客観的に評価することができる装置を作製し、上記の材料の適用による効果の検証を行う。

(平成 21 年度)

- ・1～20GHz 帯における電磁界制御材料の適用技術を確立し、従来比で 20dB 以上の雑音抑制を実現した無線機器のプロトタイプを試作し、評価検討を行うことにより、電磁界の分布を効率的に制御するための課題を明確化する。
- ・電磁界制御材料の電磁的な干渉の抑制技術の実用化を目指し、材料設計に有効な材料評価技術の基礎検討を実施する。

(平成 22 年度)

- ・1～20GHz 帯における電磁界制御材料の適用技術を確立し、従来比で 30dB 以上の雑音抑制を実現した無線機器のプロトタイプを試作、効果を実証する。
- ・電磁的な干渉の抑制に必要な材料におけるターゲットとなる特性、指標を明確化し、それらをより一般化し、客観的に評価する手法を確立する。

## 5. 実施期間

平成 19 年度から平成 22 年度までの 4 年間

## 6. その他

研究開発の実施に当たっては、関連する要素技術間の調整、成果のとりまとめ方研究開発全体の方針について幅広い観点から助言を頂くとともに、実際の研究開発の進め方について適宜指導を頂くため、学識経験者、有識者等を含んだ研究開発運営委員会等を開催する等、外部の学識経験者、有識者等を参画させること。

また、本研究開発において実用的な成果を導出するための共同研究体制 別紙⑦ 協働協力体制についても提案書[5a](実施体制説明書)の「3 研究開発体制図」や「6 共同研究契約等について」の中へできるだけ具体的に記載すること。

その他、応募者は、本研究開発で確立した技術の普及啓発活動を実施すると共に実用に向けて必要と思われる研究開発課題への取り組みも実施すること。

＜基本計画書＞  
広域電波強度分布測定技術の研究開発

## 1. 目的

総務省は平成 15 年 10 月 10 日、情報通信審議会の答申である「電波政策ビジョン」(平成 15 年 7 月 30 日)を受け、今後の電波の再配分を迅速かつ円滑に推進するため、「周波数の再編方針」の公表を行った。本方針では、平成 25 年までに移動通信システムに最大で約 1.38 GHz 幅、無線 LAN 等に最大で約 740 MHz 幅の周波数を確保することが必要とされている。

そのため、新たに周波数を確保するにあたり、その手段の一つとして、実際にどのように電波資源が利用されているかを地域的に時間的な変化を踏まえながら詳細に把握するための測定技術が要求されている。

そこで、広い周波数帯域を対象として、面的に分布する電波源の位置を特定し、電波源の強度および占有帯域を計測する技術の開発を行う。このことにより、地域毎の電波の利用状況を面的に把握するための計測技術を実現し、電波の有効利用に資する。

## 2. 政策的位置づけ

以下のとおり「IT 新改革戦略」(平成 18 年 1 月 19 日 IT 戦略本部決定)において、「我が国が世界をリードする分野の競争力を維持するため、また、次世代の IT 社会の基盤を構築するため、戦略的な研究開発に対する一層の取り組み」が必要であるとされている。

### 【抜粋】

・P37 IT 分野における研究開発については、e-Japan 戦略や科学技術基本計画の下、取り組みが強化され、一定の成果があがっているが、近年、技術開発を巡る国際競争は激化しており、先進諸国のみならず、中国・韓国等アジア諸国も技術競争力の強化に注力し始めた結果、これらの国々から、急速な追い上げを受ける状況にある。

こうした状況から、我が国が世界をリードする分野の競争力を維持するため、また、次世代の IT 社会の基盤を構築するため、戦略的な研究開発に対する一層の取り組みが求められている。

### 実現に向けた方策

2. 国際競争力の維持・強化に向け、電子タグ、光ネットワーク、ロボット、コアデバイス、情報家電、モバイル等我が国がリードする IT や、他分野の基盤となる IT の研究開発を重点的に推進する。

また「第 3 期科学技術基本計画 分野別推進計画」(平成 18 年 3 月 28 日、総合科学技術会議)の情報通信分野において、重要な研究開発課題として、以下のとおり明記されているところである。

### 【抜粋】

・p.49、移動体通信における米社の知的財産権による支配や、NGN(国際的な次世代ネットワーク)標準化における EU の攻勢、さらに価格優位性から技術の優位性に競争の軸を移しつつある中韓勢の動向は、産業の国際競争力の観点で脅威である。特に無線 LAN を始めとする携帯事業者のビジネスモデルに乗らない無線技術については、我が国は欧米のみならず韓国にも大きく遅れている。無線技術においては

多様な方式の競争がはじまっており、携帯事業者型の開発モデルを促進するとともに、偏らない研究開発を国の主導のもとに推進することが期待される。また、インターネットのみならず電話、映像通信、さらに移動通信を IP（インターネットの通信規約）で統合化する NGN への変革は今後のネットワーク設計に大きな影響を与えるものであり、これらの研究開発の強化は必須である。我が国が世界の IT 最先端国家であり続けるためには、先端技術分野の研究開発において、単一機関の利害や取組範囲を超えた産学官を巻き込む広い視野で取り組むことと同時に、活気ある市場を創出し、競争をとおして産業の健全な発展と国際競争力の強化を図っていくことが、国を挙げて取り組むべき最重要課題である。

さらに、以下のとおり衆参の総務委員会において、電波の逼迫状況を解消するため、未利用周波数帯の研究開発に取り組むべき旨の国会附帯決議がなされている。

・衆議院・総務委員会（平成 16 年 4 月 13 日）

「電波の逼迫状況を解消するため、電波の再配分のみでなく、未利用周波数帯の開拓等の技術開発を含め、電波の有効利用に引き続き取り組むこと。」

・参議院・総務委員会（平成 16 年 5 月 11 日）

「電波の逼迫状況を解消するため、未利用周波数帯の利用技術や共同利用システム等の研究開発を含め、電波の有効利用に一層取り組むこと。」

### 3. 目標

時々刻々と変化する電波の利用状況を、地域的な広がりを持つフィールド上で面的に把握できるシステムを構築するために必要な基礎技術を実現することを目指し、広帯域高感度受信系とデータ取得・記録システムを開発し、複数の地点で受信した信号を合成処理することによる電波強度分布の推定手法を確立する。さらに、本研究課題終了後には、確立した基礎技術を活用し、実際のフィールドにおいて運用するシステムの整備へとつなげることを目指す。

### 4. 研究開発内容

#### ① 概要

広い周波数帯域を対象として、地域毎の利用状況を面的に把握できる計測技術を実現することを目的として研究開発を実施する。

そのために、まず、高時刻精度高速 AD サンプラの開発動向、高感度広帯域受信系の開発動向、電波強度分布の推定手法に関する研究開発動向について調査を行い、研究計画・実施方法を明確化する。その結果を基に、ある地点において広帯域な電波を高感度に受信することのできる受信系及びデータ取得・記録システムを開発し、複数の地点に設置した受信系で広帯域な電波を受信し、デジタル化して記録したデータを合成処理することにより、面的な電波強度分布を推定する手法を開発する。その際、個々の電波源の位置を特定し、分離した上で電波源の電波強度や占有周波数帯域を推定することが、詳細な電波資源利用状況の把握の上で重要であり、そのような基礎技術を確立する。

これにより、従来の電波利用調査の方法とは異なる、効率的な電波環境を把握する新たな技術の実現を目指す。

4年間の研究期間のうち、特に初年度においては、電波源の位置の特定に必要な

技術、特に実時間処理、必要とされる分解能等に関して調査し、現状の研究動向に鑑み、具体的な開発計画内容を策定する。

## ② 技術課題および到達目標

### 1. 高感度広帯域受信系およびデータ取得・記録システムの開発 (技術課題)

広い周波数帯域の電波を高感度に受信し、位相情報を保存した状態で高い時刻精度で高速 AD サンプルングしてデジタル化し、長時間にわたって連続的に蓄積記録できるシステムを開発する。その際、刻々と変化する電波受信強度に対して、柔軟にデータ記録を最適化するため、自立的にフィルタ特性を適応させることのできる高速デジタルフィルタ処理技術を開発する。また、高速な AD サンプラシステムから出力されるデジタルデータを長時間連続して記録するため、高速大容量データ記録システムを開発する。本課題細目においては、広帯域アンテナなど既存技術をコンポーネントとして活用することに加えて、電波干渉計のために技術開発された高速 AD サンプラシステムの多ビット化の拡張、連続記録システムの容量の拡張、デジタルフィルタ処理技術を新たに開発することが想定される。特に、デジタルフィルタ処理技術の開発においては、実時間処理を行うため、FPGA(フィールドプログラマブルゲートアレイ)チップを活用した高度な実時間処理が必要となる。

### (到達目標)

#### ○高感度広帯域受信系の開発

100MHz~3GHz の周波数帯を受信する広帯域アンテナを受信アンテナとして用い、 $10\mu\text{V/m}$  の電界強度の電波を検出することのできる高感度広帯域受信系を実現する。

#### ○高時刻精度高速 AD サンプラの開発

高精度・高安定の周波数標準信号に同期してデータをサンプルングする、2ギガサンプル毎秒の多ビット AD サンプラを開発する。また、同サンプラにおいて、受信された信号の状況に応じて自立的にフィルタ特性を適応させる機能を実現する。

#### ○高速大容量データ記録システム

高時刻精度高速 AD サンプラから出力されるデジタルデータを、4Gbps 以上の高速な記録速度で 6 時間以上連続して記録することができる高速大容量データ記録システムの技術開発を行う。

### (例)

#### (平成 19 年度)

- ・ 2GHz のサンプルング速度をもち、高精度・高安定な周波数標準信号に同期してデータを取得する高時刻精度高速 AD サンプラの開発にむけた調査を行い、基礎データの収集などを行う。
- ・ 100MHz から 3000MHz までの周波数領域をカバーするディスコーンアンテナを素子として、そのうち 1GHz 以下、1GHz~2GHz、2GHz~3GHz の 3 つの帯域に分割して、それぞれベースバンドから 1GHz の帯域に変換できる高感度広帯域受信系の開発にむけた調査を行い、基礎データの収集などを行う。

#### (平成 20 年度)

- ・ 高時刻精度高速 AD サンプラ装置の基本動作部分の開発を行い、毎秒 2ギガ

サンプル以上の量子化で、短時間内部メモリに保存した受信データを、記録・蓄積できるシステムを開発する。

- ・ 高感度広帯域受信系を 1 式整備し、試験データの取得を行う。

(平成 21 年度)

- ・ 高速 AD サンプラ装置により毎秒2ギガサンプル以上の量子したデータを、連続6時間以上にわたって記録・蓄積できる高速大容量データ記録システムを開発する。また、高速 AD サンプラ装置において、受信された信号の状況に応じて自立的にフィルタ特性を適応させる機能の開発に着手する。
- ・ 高感度広帯域受信系をさらに 3 式整備し、試験データの取得を行う。

(平成 22 年度)

- ・ 高速 AD サンプラ装置において、受信された信号の状況に応じて自立的にフィルタ特性を適応させる機能を完成させる。
- ・ 高感度広帯域受信系 4 式による実証評価を実施する。

## 2. 電波強度分布推定手法の開発

(技術課題)

複数の地点に設置した広帯域高感度受信・記録システムで記録した信号を合成処理することにより、面的な電波強度分布を周波数ごとに分析する推定手法を開発する。本課題細目においては、電波干渉計の技術開発で培われたデータ処理手法を基礎技術として用い、新たなシミュレーションプログラムを開発して手法の評価を行うとともに、実データに対する処理プログラムを開発することが想定される。

(到達目標)

一辺 500m 以上の正方形のフィールドにおいて、10MHz の帯域を持つ白色雑音電波を 100mW で送信した場合に、30m 程度の水平位置誤差で電波源の位置決定を行うとともに、2 つ以上の電波源の位置を分離して把握する。

(例)

(平成 19 年度)

- ・ 計算機上で擬似的に発生させたシミュレーションデータを用いて、複数地点での受信データの合成によって電波源強度分布を推定するソフトウェアプログラムの開発にむけた調査を行い、基礎データの収集などを行う。

(平成 20 年度)

- ・ 基本的な計算アルゴリズムの開発を行い、さらに受信システムの位置が離散的になることの影響を軽減する手法を研究開発する。

(平成 21 年度)

- ・ 開発されたソフトウェアプログラムを、4 式の高感度広帯域受信系によって実際に取得されたデータに対して適用し、電波強度分布推定を実証する。

(平成 22 年度)

- ・ 高感度広帯域受信系 4 式による、実証評価データを利用し、電波強度分布の精度評価を実施する。
- ・ 最終報告をとりまとめ、将来の周波数利用計画の見直しのための基礎資料として

活用可能なデータを自動的に取得するための具体的なシステムを提案する。

## 5. 実施期間

平成 19 年度から平成 22 年度までの 4 年間

## 6. その他

研究開発の実施に当たっては、関連する要素技術間の調整、成果の取りまとめ方等研究開発全体の方針について幅広い観点から助言を頂くとともに、実際の研究開発の進め方について適宜指導を頂くため、学識経験者、有識者等を含んだ研 別紙⑦ 査委員会等を開催する等、外部の学識経験者、有識者等を参画させること。

また、本研究開発において実用的な成果を導出するための共同研究体制又は研究協力体制についても提案書[5a](実施体制説明書)の「3 研究開発体制図」や「6 共同研究契約等について」の中へできるだけ具体的に記載すること。

その他、応募者は、本研究開発で確立した技術の普及啓発活動を実施すると共に実用に向けて必要と思われる研究開発課題への取り組みも実施すること。



## ＜基本計画書＞

## 衛星通信における適応偏波多重(APDM)伝送技術の研究開発

## 1. 目的

総務省は平成 15 年 10 月 10 日、情報通信審議会の答申である「電波政策ビジョン」(平成 15 年 7 月 30 日)を受け、今後の電波の再配分を迅速かつ円滑に推進するため、「周波数の再編方針」の公表を行った。本方針では、平成 25 年までに移動通信システムに最大で約 1.38GHz 幅、無線 LAN 等に最大で約 740MHz 幅の周波数を確保することが必要とされている。

そのため、大幅な周波数帯域幅を新たに確保しなければならないが、その手段の一つとして、周波数が逼迫している 6GHz 以下の周波数で使用されている無線システムの一部を、Ku 帯(14/12GHz 帯)以上の高い周波数へ移行することが有効である。Ku 帯では、国際的に衛星通信用途に利用が進んでおり、新たな周波数及び軌道位置を確保することが困難になりつつある状況にある。一方、Ku 帯では、従来から利用されている VSAT(Very Small Aperture Terminal)等の固定衛星通信の利用に加え、ESV(Earth Stations on board Vessels)等の大容量伝送を可能とする移動体衛星通信システムも導入されるなど、今後も衛星通信用周波数の需要が見込まれるところである。したがって、今後の周波数需要に対応するためには、既存の Ku 帯のより一層の周波数有効利用を図る必要がある。

そのため、Ku 帯において、移動体(地球局)に機械的な偏波追尾機構がなくても移動体衛星通信を行うことを可能とする適応偏波多重(APDM: Adaptive Polarization Division Multiplex)伝送技術について研究開発を行い、周波数有効利用に資する。

## 2. 政策的位置付け

上述の「周波数の再編方針」を踏まえ、必要な周波数を迅速かつ円滑に確保することとなっている。

また、「第3期科学技術基本計画・分野別推進戦略(フロンティア分野)」においては、今後5年間に取り組むべき重点研究開発課題として、「高度衛星通信技術に関する研究開発」が取り上げられ、「災害対策・危機管理のための衛星基盤技術として、携帯端末による移動体衛星通信技術や、同じ搭載通信機で通常時の大容量基幹回線と災害時の多数の小容量ユーザー回線という状況に応じた衛星通信を可能とする技術の開発等を行い、2010年度までに離島・僻地におけるデジタルディバイドの解消等によるユビキタスネット社会の実現や、大規模自然災害等においても衛星を利用して確実に情報を送り届けることができるシステムを構築するための基盤技術を開発し、国民生活の安全・安心の実現を目指す。」との目標が掲げられている。

さらに以下のとおり衆議院、参議院の総務委員会において、電波の逼迫状況を解消するため、未利用周波数帯の研究開発に取り組む旨の国会附帯決議がなさ

れている。

・衆議院・総務委員会(平成16年4月13日)

「電波の逼迫状況を解消するため、電波の再配分のみでなく、未利用周波数帯の開拓等の技術開発を含め、電波の有効利用に引き続き取り組むこと。」

・参議院・総務委員会(平成16年5月11日)

「電波の逼迫状況を解消するため、未利用周波数帯の利用技術や共同利用システム等の研究開発を含め、電波の有効利用に一層取り組むこと。」

### 3. 目標

周波数が逼迫している6GHz以下の周波数で使用されている既存の無線システムのKu帯への周波数移行を促進するため、また、Ku帯において移動体(地球局)が移動中に複雑な偏波追尾制御を用いなくても安定した衛星通信が実現できるようにするため、両偏波を適応的に用いて多重伝送する(適応偏波多重)伝送方式について研究開発を行う。我が国では、Ku帯の衛星通信システムは、主に直線偏波(水平偏波/垂直偏波)を用いており、この直線偏波を対象としたKu帯における移動体衛星通信システムで、片方の偏波面のみを使用している場合に比べて最大2倍程度の周波数有効利用を実現する。

### 4. 研究開発内容

#### (1) 概要

周波数が逼迫している6GHz以下の周波数で使用されている既存の無線システムのKu帯への周波数移行を促進するため、また、Ku帯において移動体(地球局)が移動中に複雑な偏波追尾制御を用いなくても安定した衛星通信を可能にするため、Ku帯で運用される移動体衛星通信システムにおいて、より効率的な周波数利用を可能とする以下の適応偏波多重(APDM)伝送技術について研究開発を行う。このため、以下の3つの要素技術について研究開発を実施する。

#### ア APDM 中継伝送技術

APDM 中継伝送技術とは、同一周波数/帯域幅の信号を両偏波(水平偏波/垂直偏波)で伝送し、偏波間の干渉関係を干渉行列として推定し、推定された行列の数学的性質を用いて、信号処理によって偏波多重及び分離を可能とする伝送方式である。本方式により、アンテナ偏波角回転の影響を受けることなく偏波多重通信が利用できるため、機械的な偏波追尾が不要となる。

#### イ 垂直偏波もしくは水平偏波のみを用いる地球局(片偏波局)と共用する APDM 伝送技術

既存の地球局によって、片方の偏波面(垂直偏波もしくは水平偏波)が利用されている場合、その逆にあたる直交する偏波面は、機械的な偏波追尾

機構を持たない地球局からは利用できず、周波数利用効率が低下する。本伝送技術は、上記アの APDM 中継伝送技術を応用することにより、機械的な偏波追尾機構を持たない地球局からでも、既存地球局に直交する偏波面に対して信号を送信し、干渉を与えることなく偏波面を有効に利用することで、周波数を効率良く利用するものである。

#### ウ APDM システム制御技術

上記ア、イの伝送技術を用い、様々な周波数、偏波面、周波数帯域幅で通信している既存の地球局の利用状況に応じて、高効率な APDM 局のチャンネル配置を行う技術である。

### (2) 技術課題および到達目標

#### (技術課題)

#### ア APDM 中継伝送技術

衛星中継器において、直交する水平/垂直の各偏波の信号は、それぞれ個別の周波数変換器で周波数変換される。この際、干渉行列を推定するために送受信する参照信号は中継器ごとに独立な位相雑音や周波数誤差を含み、それらの影響を受けた両偏波の信号が互いに混入した状況で受信されることになる。APDM 中継伝送技術では、このように、陸上の移動通信で使用されている MIMO 技術では適応できないような、衛星通信における中継器ごとの独立な位相雑音、周波数誤差が存在する条件下でも、高精度、高効率な干渉行列推定及び偏波多重分離技術を確立し、両偏波を効率的に利用した伝送技術を開発する。

#### イ 垂直偏波もしくは水平偏波のみを用いる地球局(片偏波局)と共用する APDM 伝送技術

本技術は、上記アの APDM 中継伝送技術を応用して、偏波追尾機構を持たない地球局から既存地球局へ干渉を与えずに直交する偏波面を利用することで、周波数の有効利用を図るものである。上記アの基本的な APDM 中継伝送においては、送受信地球局とも両偏波に対応した2系統のアンテナ及び送受信機を備えているため、このような送受信機によって既存地球局の信号の偏波面とは、直交する偏波面の信号を送信する技術を確立する。

#### ウ APDM システム制御技術

上記ア、イにより実現する APDM 伝送技術を適用する地球局が円滑に導入されるためには、既に運用中の既存の地球局も含めて各種地球局が同一通信衛星を介して通信可能なシステムを構築する必要がある。これらは各偏波に配置する信号の帯域幅など、チャンネル配置に関する制約条件がそれぞれ異なるため、従来の回線制御アルゴリズムを適用できない。このため、各種地球局が混在するシステムにおいて、高効率なチャンネル配置を行う回線制御アルゴリズムを確立する。

(到達目標)

ア APDM 中継伝送技術

衛星中継器における周波数変換の精度が 1ppm 程度の独立な位相雑音及び周波数誤差の影響を受けた受信信号から、干渉行列を高精度・高効率に推定することにより、伝送効率 95%以上、劣化 1dB 以内を実現する基本アルゴリズム(高精度・高効率干渉補償基本アルゴリズム)を確立する。

また、APDM 中継伝送技術への偏波/周波数毎の適応変調や高効率誤り訂正符号化方式の適用方法を検討した上、高精度・高効率干渉補償基本アルゴリズムを組み込んだ回路を設計し、片方の偏波面のみを使用している場合に比べて最大2倍程度の周波数利用効率で双方向伝送が可能な変復調装置(実証実験用高速 APDM 伝送装置)を試作・評価する。

イ 垂直偏波もしくは水平偏波のみを用いる地球局(片偏波局)と共用する APDM 伝送技術

上記アの APDM 中継伝送技術を応用し、衛星中継器における周波数変換の精度が 1ppm 程度の位相雑音及び周波数誤差の影響を受けた片偏波局の送信信号に対して直交する偏波面で信号を送信し、伝送効率 95%以上、劣化 1dB 以内で周波数共用伝送が可能な基本アルゴリズムを確立する。

また、上記アルゴリズムを組み込んだ回路を設計し、既存の片偏波局のみを用いた衛星通信システムと同等程度の伝送性能が得られる実証試験用片偏波局共用 APDM 伝送装置を試作・評価する。

ウ APDM システム制御技術

同一通信衛星を經由して、両偏波を用いる地球局(APDM 局)及び片偏波局が混在する状況において、両偏波のチャンネル配置を地球局の性能(APDM 局、片偏波局等)に応じて管理する回線制御アルゴリズムを確立し、シミュレーションを通じて、回線収容効率を評価する。

また、上記アルゴリズムに加え、適応変調や高効率誤り訂正符号化方式の概念を加えて高機能化を図った上、上記ア、イにおいて試作する「実証実験用高速 APDM 伝送装置」、「実証試験用片偏波局共用 APDM 伝送装置」を制御して、回線割当てを行う実証実験用回線制御装置を試作・評価する。

試作した装置等の評価にあたっては、商用衛星を經由した実証実験を行うこととする。具体的には、船舶やバス等の移動体に衛星追尾アンテナ、RF(Radio Frequency)送受信装置、伝送装置類を設置した移動局および衛星アンテナ、RF 送受信装置、伝送装置、回線制御装置を固定設置した制御局を構成し、実際の移動環境にて、片方の偏波面のみを使用している場合に比べて最大2倍程度の周波数利用効率を得られることを確認する。

なお、上記の目標を達成するに当たっての年度毎の目標については、以下の例を想定している。

(例)

(平成19年度)

ア APDM 中継伝送技術

- ・周波数精度 1ppm 程度の衛星中継器による独立な位相雑音及び周波数誤差の影響を受けた受信信号に対して干渉補償を行い、伝送効率 95%以上、劣化 1dB 以内を実現する基本アルゴリズムを確立し、シミュレーション及び屋内実験等を通じて、有効性を検証する。

イ 垂直偏波もしくは水平偏波のみを用いる地球局(片偏波局)と共用する APDM 伝送技術

- ・片偏波局からの送信信号に対して、干渉を与えないような信号(片偏波局と直交する信号)を送信し、劣化 1dB 以内で周波数共用伝送が可能な基本アルゴリズムを確立し、シミュレーション及び屋内実験等を通じて、有効性を検証する。
- ・片偏波局に対して、直交する信号を APDM 局から送信可能にするため、APDM 局側のハードウェアとして必要な条件等を定量化し、明確化する。

ウ APDM システム制御技術

- ・同一通信衛星を経由するシステムについて、両偏波を用いる地球局(APDM 局)及び片偏波局が混在する状況において、両偏波のチャンネル配置を地球局が有する性能(APDM 局、片偏波局等)に応じて管理する回線制御アルゴリズムを確立し、シミュレーションを通じて回線収容効率を評価する。

(平成20年度)

ア APDM 中継伝送技術

- ・偏波/周波数毎の適応変調や高効率誤り訂正符号化方式の適用方法を検討し、効果を明確化する。
- ・平成 19 年度に検討した高精度・高効率干渉補償基本アルゴリズムを組み込んだ回路を設計し、変復調・符号化方式の検討結果を踏まえ、片方の偏波面のみを使用している場合に比べて最大2倍程度の周波数利用効率で双方向伝送が可能な変復調装置(実証実験用高速 APDM 伝送装置)を試作・評価する。
- ・両偏波の同時送受信が可能な衛星追尾アンテナを開発し、追尾性能及び追尾に伴う干渉行列への影響を評価する。

イ 垂直偏波もしくは水平偏波のみを用いる地球局(片偏波局)と共用する APDM 伝送技術

- ・平成 19 年度に検討した片偏波局共用伝送基本アルゴリズムと、高精度・高効率干渉補償基本アルゴリズムを組合せて伝送特性を評価し、実用的な適用条件を明確化する。
- ・上記アルゴリズムを組み込んだ回路を設計し、現状の片偏波局と同等程度の伝送性能が得られる実証実験用片偏波局共用 APDM 伝送装置を試作・評価する。

#### ウ APDM システム制御技術

- ・平成 19 年度に検討した回線制御基本アルゴリズムに、(1)における適応変調、符号化方式の概念を加えて高機能化を図るとともに、実証実験用回線制御装置を試作・評価する。

(平成21年度)

平成 20 年度に試作した「実証実験用高速 APDM 伝送装置」、「実証実験用片偏波局共用 APDM 伝送装置」および「実証実験用回線制御装置」等を用い、商用衛星を経由した実証実験を行う。船舶やバス等の移動体に衛星追尾アンテナ、RF(Radio Frequency)送受信装置、伝送装置類を設置した移動局および衛星アンテナ、RF 送受信装置、伝送装置、回線制御装置を固定設置した制御局を構成し、実際の移動環境にて、片方の偏波面のみを使用している場合に比べて最大 2 倍程度の周波数利用効率を得られることを確認する。

#### 5. 実施期間

平成 19 年度から 21 年度までの3年間

#### 6. その他

研究開発の実施に当たっては、関連する要素技術間の調整、成果の取りまとめ方等研究開発全体の方針について幅広い観点から助言を頂くとともに、実際の研究開発の進め方について適宜指導を頂くため、学識経験者、有識者等を含んだ研究開発運営委員会等を開催する等、外部の学識経験者、有識者等を参画させること。

また、本研究開発において実用的な成果を導出するための共同研究体制又は研究協力体制についても提案書[5a](実施体制説明書)の「3 研究開発体制図」や「6 共同研究契約等について」の中へできるだけ具体的に記載すること。

その他、応募者は、本研究開発で確立した技術の普及啓発活動を実施すると共に実用に向けて必要と思われる研究開発課題への取組も実施すること。

## ＜基本計画書＞

## 周波数の有効利用を可能とする適応型衛星通信技術の研究開発

## 1. 目的

衛星通信システムは、特に広域性、同報性、移動性、耐災害性等に優れており、安心・安全な社会を構築するため、各種通信ネットワークの高機能化、ブロードバンド化、高信頼化など、いくつかの分野において他の通信手段より優れた役割を果たし得る可能性を持っている。また、u-Japan戦略に明示されているユビキタスネットワーク社会においても、その社会実現の諸課題の一つとして災害から国民の生命や財産を守り、安心・安全な生活環境の確保ができるシステム構築が挙げられ、地震、水害、土砂崩れ、津波等の自然災害に対する政府の対策や対応が特に強く求められているなかで、災害の影響を受けにくく、広域性及び同報性に優れた特長を有する衛星通信ネットワーク構築が求められている。

しかし、衛星の打上数増加に伴い、現在主に使われているC帯(6/4GHz 帯)、Ku帯(14/12GHz 帯)では利用可能な周波数が逼迫しつつあり、C帯、Ku帯に比べて周波数の利用があまり進んでおらず広帯域化しやすいKa帯(30/20GHz 帯)は、他の周波数帯に比べ降雨減衰による回線稼働率が悪いため、結果として衛星通信に必要な周波数の確保が困難となりつつあることから、Ka帯の既存周波数の有効利用技術の研究開発が急務となっている。

このため、降雨減衰の影響による回線断が発生しやすいKa帯の稼働率を向上させることにより広い帯域を確保可能とする「適応型通信制御技術」及びビーム幅(サービスエリア)を可変させ、地球局の配置状況(ユーザー密度)に対しサービスエリアを効率的にカバーする「スキャン型可変スポットビームアンテナ技術」の研究開発を行うこととする。

これにより、逼迫している周波数帯の通信需要についてもKa帯に振り替えることが可能となり、既存周波数の逼迫状況の緩和と周波数の有効利用が期待できる。

## 2. 政策的位置付け

総務省では、情報通信審議会答申「電波政策ビジョン」(平成15年7月30日)を受け、電波有効利用技術の研究開発を推進している。

IT戦略本部においては、平成18年1月19日の「IT新改革戦略」において、今後のIT政策の重点として、以下のとおり明記されているところである。

## 【抜粋】

- ・p.10 また、これを支える基盤となる、デジタル・ディバイドのないIT社会の実現、安心してITを使える環境の整備、人材育成・教育、研究開発を推進するとともに、先進的なモデル地域における利用・活用の具体化などを通じ、ITの恩恵・利便を実感できるようにしていくことも重要である。
- ・ p.37 国際競争力の維持・強化に向け、電子タグ、光ネットワーク、ロボット、コ

アデバイス、情報家電、モバイル等我が国がリードするITや、他分野の基盤となるITの研究開発を重点的に推進する。

また、衆議院総務委員会及び参議院総務委員会において、「電波の逼迫状況を解消するため、電波の再配分のみでなく、未利用周波数帯の開拓等の技術開発を含め、電波の有効利用に引き続き取り組むこと。」(衆議院・総務委員会(平成16年4月13日))、「電波の逼迫状況を解消するため、未利用周波数帯の利用技術や共同利用システム等の研究開発を含め、電波の有効利用に一層取り組むこと。」(参議院・総務委員会(平成16年5月11日))との国会附帯決議が行われている。このような方針に鑑み、本研究を早期に着手し推進する必要がある。

### 3. 目標

開口径1.2m程度のVSATによるKa帯のサービス(10Mbps程度)を想定し、地球局や衛星の送信電力制御だけでなく、衛星と地球局が連携し、個別の回線状況に応じ、送信電力、通信方式(多値変調、高性能誤り訂正・再送)を総合的に制御することにより、降雨時における回線断を回避する技術を確立する。また、降雨状況や利用状況に応じてビーム幅(サービスエリア)を可変制御し、かつビームごとの帯域幅を制御できる技術を確立する。これらにより、現在のKa帯の周波数利用効率を総合的に10倍向上させるとともに、Ka帯の回線稼働率を99.99%以上とすることを目標とする。

### 4. 研究開発内容

#### (1) 概要

Ka帯において、地球局や衛星の送信電力制御だけでなく、衛星と地球局が連携し、個別の回線状況に応じ、送信電力、通信方式(多値変調、高性能誤り訂正・再送)を総合的に制御できるようにするため、中継器ベースバンド処理部を再構成可能なデジタル信号処理回路で構成し、中継器周波数配列や帯域幅の変更、再生/非再生の切換、ルーティング処理等、物理層に限らず上位層も含めた適応型制御技術を開発する。あわせてここで開発する衛星搭載適応型デジタル中継器に対向する適応型地球局の開発を行う。

また、中継器の適応制御に加え、アンテナ部分の適応型制御技術として、ユーザー密度に応じてビーム幅(サービスエリア)が変更可能なスキャニング型可変スポットビームアンテナ技術を開発する。ここでは日本本土を20から40ビーム程度でカバーするマルチビームシステムを想定し、衛星搭載用の2000素子を超えるアクティブフェーズドアレーアンテナの実現に必要なアンテナ素子の軽量化、高効率送信増幅素子の開発、多ポート移相制御回路の開発、可変スポットビーム制御アルゴリズム及び衛星-地上局間通信プロトコルを開発する。具体的には、次の技術について研究開発を実施する。

## ア 適応型通信制御技術

適応型通信制御技術は、1)衛星搭載適応型デジタル中継技術、2)衛星搭載適応型通信技術、3)適応型通信技術に対応した地球局技術の三項目の技術開発要素があり、これらを組み合わせて、降雨時における通信回線の断を防ぐとともに、回線稼働率を向上させることにより、周波数利用効率を改善する。

衛星搭載適応型デジタル中継技術の研究開発においては、対向する地球局との間の回線状況に応じて、それぞれの通信波に関して、送信電力、送受信帯域幅、中心周波数を可変できる衛星搭載RF技術と柔軟な変復調機能・誤り訂正機能・交換・再送制御機能を実現する衛星搭載動的再構成プロセッサ(ハードウェア)の研究開発を行う。またKa帯の降雨減衰特性を取得し、回線状況取得方法を検討する。

衛星搭載適応型通信技術の研究開発においては、回線状況に応じて、変復調・誤り訂正・交換の各方式を適応的に選択するアルゴリズム、動的な通信方式選択を可能にする動的再構成プロセッサのソフトウェアアルゴリズム、適応通信路での効率的な通信プロトコルの研究開発を行う。

適応型通信技術に対応した地球局技術の研究開発においては、衛星搭載適応型デジタル中継器と連携して動作する地球局技術に関して研究開発を行う。

## イ スキャンニング型可変スポットビームアンテナ技術

スキャンニング型可変スポットビームアンテナ技術は、1)衛星搭載用可変スキャンニングスポットビームアンテナ用RF技術、2)スポットビーム適応制御技術、3)適応制御に対応した地球局技術の三項目の技術開発要素があり、これらを組み合わせて、ビーム幅(サービスエリア)をユーザー密度や降雨の状況に応じて柔軟に制御することで電力を効率的に割り当てるとともに周波数の繰り返し利用により、周波数利用効率を改善する。

衛星搭載用可変スキャンニングスポットビームアンテナ用RF技術の研究開発においては、アレーアンテナの各アンテナ素子の電力配分や位相設定が柔軟に変更できるアンテナシステムの研究開発を行う。また衛星搭載化を前提とした、アンテナ素子の軽量化、Ka帯増幅器の高効率化のための研究開発を行う。

スポットビーム適応制御技術の研究開発においては、ユーザー密度や降雨状況を地上局から得て、資源分配を計画し、アレーアンテナの各素子を設定するためのアルゴリズムと地上-衛星局間通信のアンテナ制御にかかる通信プロトコルの研究開発を行う。

適応制御に対応した地球局技術の研究開発においては、スポットビーム適応制御技術で開発された地上-衛星局間のアンテナ制御にかかる通信プロトコルに対応する地球局技術に関して研究開発を行う。

## (2)技術課題及び到達目標

### ア 適応型通信制御技術 (技術課題)

降雨減衰等による通信回線の回線断を防ぐためには、送信側は送信電力制御機能および帯域可変機能を持つ必要があり、受信側においては、回線状況(誤り率)の変化を監視しながら、送信側と連携して伝送速度や変復調方式、誤り訂正方式・誤り再送等多様なパラメータを最適化し回線断を防ぐよう送信側を制御する必要がある。

(到達目標)

衛星と地球局が連携し、送信電力、多値変復調、高性能誤り訂正・再送を総合的に制御することにより、降雨による通信回線の断を防ぎ、回線稼働率を従来の99.5%から99.99%以上に回線稼働率を向上させることを目標とし、周波数利用効率を従来のQPSK方式(伝送速度固定)に比べ2.5倍にすることを目標とする。

なお、上記の目標を達成するに当たっての各年度毎の目標については、以下の例を想定している。

・平成19年度

適応型デジタル中継器の基本設計を行い、適応型デジタル中継器の実証モデルのハードウェア構成を定め、試作に着手する。また、衛星搭載適応型通信技術を開発するため、回線品質に対応した変復調方式の基本設計を行い変復調制御機能の評価モデルを試作する。

さらに、衛星搭載中継器と地球局通信系が連携して制御される適応型通信制御方式について基本設計を実施し、適応型通信制御システムを試作する。

Ka帯の降雨減衰特性取得のためのシステムを構築する。

・平成20年度

平成19年度に構築したシステムを用いて降雨減衰特性を取得し、回線状況推定アルゴリズムを開発する。適応型デジタル中継器実証モデルの試作を完成させ評価を実施する。また、平成19年度試作の変復調機能評価モデルを用いて、変復調・誤り制御機能を実現するデジタル信号処理回路定義ソフトウェアを試作し、適応型デジタル中継器実証モデルへ機能の組み込みを行う。さらに衛星搭載中継器に必要な広帯域高周波部や中間周波(IF)部を新たに試作し、適応型デジタル中継器実証モデルのベースバンド処理系と組み合わせることで、適応型デジタル中継器実証モデルの変復調制御機能を確立する。

中継器評価試験として、平成19年度に開発した適応型通信制御システムを用いて適応型デジタル中継器実証モデルの中継器基本機能及び通信制御機能の評価を行う。これにより、降雨時の誤り率の劣化を伝送速度や誤り訂正方式、送信電力等を制御することにより、回線断を防ぐ機能を実現する。

・平成21年度

平成20年度に開発した変復調・誤り制御ソフトウェアにより中継器の動的再構成プロセッサの回路接続を再定義し、変復調・誤り制御のデジタル信号処理をゲート回路として実装し、機能の確認のための適応型デジタル中継器の

実証試験を実施する。また、搭載中継器の回線交換機能を実現するために、中継器の再生交換機能や非再生交換機能を適応的に制御するソフトウェアを開発する。さらに、搭載中継器のアンテナ系を加えて総合的な特性を評価するため、実証モデルアンテナサブシステムを開発する。

適応型デジタル中継器実証モデル対し、再生・非再生交換制御ソフトウェアの機能組み込みを行うとともに、衛星側のアンテナサブシステムを試作し組み込み、中継器実証モデルを完成させる。

- ・ 平成22年度

変復調・誤り制御機能や再生・非再生交換制御機能を統合した適応型デジタル中継器実証モデルを用いて総合的な通信制御試験を実施する。また、適応型デジタル中継器実証モデルの試作モジュールの改良及び特性評価を行う。

## イ スキャンニング型可変スポットビームアンテナ技術 (技術課題)

スキャンニング型可変スポットビームアンテナ技術においては、アンテナビームの電力やスポットサイズをユーザー密度や降雨状況に合わせて制御する機能の開発を行う。これまで開発してきた数ビームのシステムから、数十ビームのシステムを構築するためには、多ポート位相制御技術が必要となる。ビームサイズや電力の柔軟な制御を可能にするためには、アレーアンテナの各アンテナ素子の電力配分や位相設定を適応的に制御する技術を開発する必要がある。

### (到達目標)

ビーム幅(サービスエリア)をユーザー密度や降雨の状況に応じて2倍以上のビーム角可変幅で柔軟に制御することで電力を効率的に割り当てるとともに周波数の繰り返し利用により、周波数利用効率を4倍以上改善することを目標とする。高効率Ka帯増幅素子の開発においては効率40%以上を目標とする。

なお、上記の目標を達成するに当たっての各年度毎の目標については、以下の例を想定している。

- ・ 平成20年度

アンテナシステム全体の基本設計を行う。具体的には、多ポート位相制御回路技術を開発し、位相制御及び振幅制御特性を検証するために数素子程度の基本アンテナモジュールを試作する。従来のホーンアンテナによる直接放射式だけでなく、他のアンテナ放射素子(たとえば誘導体アンテナ等)の採用によるアンテナ素子の軽量化の検討を行い、それと並行して、スポットビーム適応制御方式の検討を行う。さらに、衛星の通信機能及びアンテナビームの適応制御に対応するため、適応制御対応地球局モデルの所要機能・性能の検討を行う。高効率増幅素子の開発として、従来の化合物半導体を用いた場合の効率改善法を検討すると共に、高バンドギャップ素子を用いたKa帯固体増

幅素子およびその周辺回路の構成を検討する。

- ・ 平成21年度

平成20年度に開発した基本アンテナモジュールの試作成果とアンテナ素子の軽量化の検討を反映し、衛星搭載用アンテナ部分機能試験モデル及びアンテナビーム制御系として可変ビーム・通信方式連携制御部を試作し、装置の組み込みを行う。また、衛星の適応機能に連動して、アンテナビーム制御や通信の適応制御を実現する適応制御対応地球局モデルを試作し、衛星搭載用アンテナ機能試験モデルとの組合せ試験・評価を行う。平成20年度の検討結果を基に高効率Ka帯固体増幅素子を開発する。

- ・ 平成22年度

衛星搭載用アンテナ機能試験モデルと可変ビーム・通信方式連携制御部を組み合わせ、アンテナ基本特性の評価及び高性能化に向けた改良検討を行う。スキャン型可変スポットビームアンテナと適応型中継器を組み合わせた総合システムの設計及び試作評価、組み合わせ試験を行う。

## 5. 実施期間

平成19年度から平成22年度まで(4ヵ年計画)

## 6. その他

研究開発の実施に当たっては、関連する要素技術間の調整、成果の取りまとめ方等研究開発全体の方針について幅広い観点から助言を頂くとともに、実際の研究開発の進め方について適宜指導を頂くため、学識経験者、有識者等を含んだ研究開発運営委員会等を開催する等、外部の学識経験者、有識者等を参画させること。

また、本研究開発において実用的な成果を導出するための共同研究体制又は研究協力体制についても提案書[5a](実施体制説明書)の「3 研究開発体制図」や「6 共同研究契約等について」の中へできるだけ具体的に記載すること。

その他、応募者は、本研究開発で確立した技術の普及啓発活動を実施するとともに実用に向けて必要と思われる研究開発課題への取組も実施すること。